

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-343653
 (43)Date of publication of application : 14.12.2001

(51)Int.Cl.

G02F 1/1337
 G02B 5/30
 G02F 1/13363
 G09F 9/00

(21)Application number : 2000-163248

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 31.05.2000

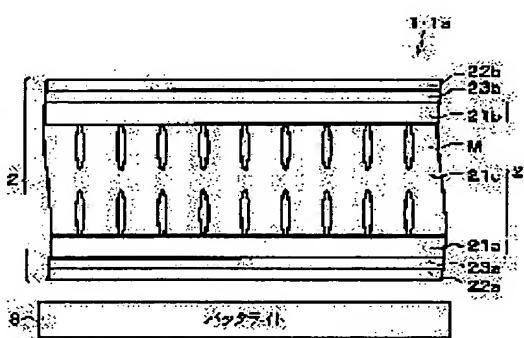
(72)Inventor : KUBO MASUMI
 OGISHIMA KIYOSHI

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a liquid crystal display device in which alignment disorder does not have an influence on display and display quality is hardly decreased even when alignment directions of liquid crystal molecules are controlled so as to be different from one another in pixels.

SOLUTION: In the liquid crystal display device 1, circularly polarized light passed through a $\lambda/4$ plate 23a is made incident to a liquid crystal layer 21 exhibiting radial tilt alignment in which the alignment direction changes continuously when voltage is applied. As a result, the liquid crystal molecules can contribute to the display as far as the alignment direction and the visual angle of the liquid crystal molecules are not coincident with each other not only about an in-plane component but also about a substrate normal component even if the alignment state of the liquid crystal molecules is disordered. Thus as a result of using the liquid crystal layer in which the alignment directions of the liquid crystal molecules are controlled so as to be different from one another in the pixel for securing a wide visual field angle, the liquid crystal display device 1 having high display quality without roughness can be realized, even though not only the edge region of a pixel electrode but also the boundary region of domains exist.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.07.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.08.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-18313

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 18.09.2003

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

ENGLISH TRANSLATION OF JP 2001-343653 A

CLAIMS

1. A liquid crystal display device comprising:
 - a first substrate on which pixel electrodes corresponding to pixels are installed;
 - a second substrate on which a counter electrode is installed;
 - a liquid crystal layer formed between said substrates, wherein the alignment directions of liquid crystal molecules are controlled so as to be different from each other in a pixel, when a voltage of a predetermined value is applied between said pixel electrodes and counter electrode;
 - an analyzer installed on the outgoing light side of said liquid crystal layer;
 - a circularly polarizing means to set the incident light to said liquid crystal layer to an approximately circularly-polarized state; and
 - a first retardation layer installed between said liquid crystal layer and analyzer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is approximately 1/4 times that of the transmitted light.

2. A liquid crystal display device comprising:
 - a first substrate on which pixel electrodes corresponding to pixels are installed;
 - a second substrate on which a counter electrode is installed;
 - a liquid crystal layer formed between said substrates, wherein the alignment directions of liquid crystal molecules change continuously in a radially tilting alignment, when a voltage of a predetermined value is applied between said pixel electrodes and counter electrode;
 - an analyzer installed on the outgoing light side of said liquid crystal layer;
 - a circularly polarizing means to set the incident light to said liquid crystal layer to an approximately circularly-polarized state; and
 - a first retardation layer installed between said liquid crystal layer and analyzer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is

approximately 1/4 times that of the transmitted light.

3. A liquid crystal display device comprising:

a first substrate on which pixel electrodes corresponding to pixels are installed;

a second substrate on which a counter electrode is installed;

a liquid crystal layer formed between said substrates, wherein the alignment directions of liquid crystal molecules are in a multi-domain alignment mode, when a voltage of a predetermined value is applied between said pixel electrodes and counter electrode;

an analyzer installed on the outgoing light side of said liquid crystal layer;

a circularly polarizing means to set the incident light to said liquid crystal layer to an approximately circularly-polarized state; and

a first retardation layer installed between said liquid crystal layer and analyzer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is approximately 1/4 times that of the transmitted light.

4. A liquid crystal display device according to claim 1, 2 or 3, wherein:

said circularly polarizing means sets a 550 nm wavelength light to an approximately circularly-polarized state; and

said first retardation layer has its retardation in the in-plane direction set to be approximately 1/4 times 550 nm.

5. A liquid crystal display device according to claim 4, wherein said retardation is set to be not less than 95 nm and not more than 175 nm.

6. A liquid crystal display device according to claim 1, 2 , 3, 4 or 5, wherein said circularly polarizing means is a selective reflection layer that is installed on the light incident side of said liquid crystal layer, transmits a circularly-polarized light of a predetermined optical rotation direction, and reflects a circularly-polarized light of the

opposite optical rotation direction.

7. A liquid crystal display device according to claim 1, 2, 3, 4 or 5, wherein said circularly polarizing means is equipped with:

a polarizer installed on the incident light side of the liquid crystal layer; and
a second retardation layer installed between said polarizer and liquid crystal layer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is approximately 1/4 times that of the transmitted light.

8. A liquid crystal display device according to claim 7, wherein:
said analyzer is installed on one side of said liquid crystal layer, and said polarizer is installed on the other side; and
said analyzer, polarizer, as well as said first and second retardation layers are disposed so that the transmission axis of said analyzer is at 45° from the phase delay axis of the first retardation layer; and
the transmission axis of said polarizer is at 45° from the phase delay axis of the second retardation layer.

9. A liquid crystal display device according to claim 7, wherein:
said analyzer is installed on one side of said liquid crystal layer, and said polarizer is installed on the other side;
said first and second retardation layers are disposed so that one of the phase delay axes is perpendicular to the other; and
said analyzer and polarizer are disposed so that one of the transmission axes is perpendicular to the other.

10. A liquid crystal display device according to claim 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 or 9 comprising a viewing angle compensation layer installed between layers from said analyzer to polarizer, wherein the refractive index anisotropy is set so that a phase

difference provided by said liquid crystal layer that changes depending on the tilting angle between the direction normal to said first substrate and the viewing angle is cancelled out.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[TECHNICAL FIELD OF THE INVENTION]

The present invention relates, for example, to a liquid crystal display device wherein the alignment directions of liquid crystal molecules are controlled to be different from each other in a pixel in a way such as a radial tilting alignment or multi-domain alignment, and particularly to a liquid crystal display device having improved display qualities with restrained rough appearance due to alignment disorder, etc.

[0002]

[CONVENTIONAL TECHNOLOGIES]

Liquid crystal display devices used as display screens for note personal computers and word processors, for example, have a narrower viewing angle, and their display qualities tend to be inferior when viewed diagonally, compared with those of CRT, etc., due to the optical anisotropy of the liquid crystal used. Accordingly, Japanese Unexamined Patent Application Publication Nos. H11-258605 and H11-109391, for example, propose a so-called multi-domain alignment mode in which multiple domains are formed regarding the alignment directions of liquid crystals.

[0003]

A multi-domain structure in a vertical-alignment mode, liquid crystal display device using a vertical alignment film and a liquid crystal having a negative dielectric anisotropy will be explained as an example of a multi-domain alignment mode liquid crystal display device. In this structure, the liquid crystal molecules are aligned vertically when no voltage is applied. When a linearly-polarized light comes into the liquid crystal layer in this state from the polarizing plate, the linearly-polarized light with its polarizing state retained goes out, and is absorbed in a polarizing plate installed on the opposite side of the liquid crystal layer, since the liquid crystal layer has little birefringence anisotropy. As a result, the liquid crystal display device can express a black

display.

[0004]

To the contrary, when a voltage is applied, the liquid crystal molecules M in the liquid crystal layer 121c of a liquid crystal display device 101 tilt depending on the applied voltage, as shown Fig. 18. To be noted is that this figure shows a radially tilting alignment in which the alignment directions of the liquid crystal molecules M change continuously, and the alignment directions of the liquid crystal molecules M in one domain A101 and the other domain A102 are different from each other, with a center axis A of the radial tilting in their center, even though they are in the same pixel. When a linearly-polarized light comes into the liquid crystal layer 121c in this state from the polarizing plate 122a, the liquid crystal layer 121c can provide a phase difference to the transmitted light so as to change the polarizing state of the transmitted light. Accordingly, the outgoing light from the liquid crystal cell 121 generally changes into an elliptically-polarized light.

[0005]

When the elliptically-polarized light comes into a polarizing plate 122b disposed on the outgoing light side of the liquid crystal cell 121, an amount of light is transmitted, depending on the phase difference provided by the liquid crystal layer 121c, which is different from the case in which no voltage is applied. Accordingly, it is possible to change the amount of outgoing light of the liquid crystal display device 101 by controlling the voltage applied to the liquid crystal layer 121c to adjust the alignment directions of the liquid crystal molecules M.

[0006]

Hereupon, since the liquid crystal display device 101 has liquid crystal molecules M with alignment directions different from each other in a pixel, although the amount of outgoing light transmitted through some liquid crystal molecules M may be decreased by viewing diagonally, there should exist some other liquid crystal molecules M having alignment directions different from that of the above liquid crystal molecules M which will increase the amount of outgoing light. As a result, domains with liquid crystal molecules

M having different alignment directions compensate each other optically, and improve the display qualities and enlarge the viewing angle when diagonally viewed.

[0007]

[PROBLEMS TO BE SOLVED BY THE PRESENT INVENTION]

However, alignment disorder tends to occur when it is tried to control the alignment directions in a pixel separately, as in the case of the liquid crystal display device 101 with the above-described structure. Thus, alignment disorder will occur, for example, even by small factors from the source signal lines, gate signal lines, and other external electric fields which do no cause problems in the case with a single alignment direction. When there occur locations darkened by the alignment disorder, rough appearance will be observed on the display due to the difference in the alignment disorder from location to location or from pixel to pixel, and the display qualities will be degraded.

[0008]

Also, when the alignment directions are controlled to be different from each other, as compared with the case of a single alignment, there are necessarily directions in which light extinction occurs, when two polarizing plates are used, as shown in Fig. 19. Accordingly, the overall pixel brightness will be decreased, when compared with a case in which the designed transmittance is retained in all the locations. As a result, the light utilization efficiency (effective aperture ratio) of the liquid crystal display device will be decreased.

[0009]

The resolution and half-tone numbers of liquid crystal display devices are being improved year by year, and accordingly, liquid crystal display devices that can display with larger half-tone numbers in a smaller area in one pixel are needed. However, when the effective aperture ratio is decreased due to the above alignment disorder, the brightness in white display is decreased, making the improvement in the half-tone number difficult. Here, it is to be noted that while the brightness can be improved by enlarging the pixel area, it entails a problem of difficulty in improving the resolution.

[0010]

The present invention is achieved in view of the above-described problems. The object is to realize a liquid crystal display device in which alignment disorder does not affect the display, and the display qualities are hard to be degraded, even when the alignment directions of the liquid crystal molecules are controlled to be different from each other in a pixel.

[0011]

[MEANS TO SOLVE THE PROBLEMS]

To solve the above-described problems, a liquid crystal display device according to the present invention comprises a first substrate on which pixel electrodes corresponding to pixels are installed; a second substrate on which a counter electrode is installed; a liquid crystal layer formed between said substrates, wherein the alignment directions of liquid crystal molecules are controlled so as to be different from each other in a pixel, when a voltage of an at least predetermined value is applied between said pixel electrodes and counter electrode; an analyzer installed on the outgoing light side of said liquid crystal layer; a circularly polarizing means to set the incident light to said liquid crystal layer to an approximately circularly-polarized state; and a first retardation layer installed between said liquid crystal layer and analyzer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is approximately 1/4 times that of the transmitted light.

[0012]

Furthermore, to solve the above-described problems, another liquid crystal display device according to the present invention comprises a first substrate on which pixel electrodes corresponding to pixels are installed; a second substrate on which a counter electrode is installed; a liquid crystal layer formed between said substrates, wherein the alignment directions of liquid crystal molecules change continuously in a radially tilting alignment, when a voltage of an at least predetermined value is applied between said pixel electrodes and counter electrode; an analyzer installed on the outgoing light side of said liquid crystal layer; a circularly polarizing means to set the incident light to said liquid crystal layer to an approximately circularly-polarized state;

and a first retardation layer installed between said liquid crystal layer and analyzer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is approximately 1/4 times that of the transmitted light.

[0013]

Furthermore, to solve the above-described problems, still another liquid crystal display device according to the present invention comprises a multi-domain alignment liquid crystal layer, an analyzer installed on the outgoing light side of the liquid crystal layer, a circularly polarizing means to set the incident light to said liquid crystal layer to an approximately circularly-polarized state; and a first retardation layer installed between said liquid crystal layer and analyzer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is approximately 1/4 times that of the transmitted light.

[0014]

Here, a liquid crystal display device with any of the above-described respective structures may be a transmission-type liquid crystal display device in which the incident light side and outgoing light side are opposite to each other, or a reflective-type liquid crystal display device in which the incident light side and outgoing light side are the same side.

[0015]

In each structure of the above-described respective liquid crystal display devices, an approximately circularly-polarized light comes into the liquid crystal layer, the outgoing light from the liquid crystal layer is provided with a 1/4 wavelength phase difference by the first retardation layer, and then, comes into the analyzer.

[0016]

When the liquid crystal molecules in the above-described liquid crystal layer are aligned to the direction normal to the substrate (vertically), the liquid crystal layer cannot provide a phase difference to the transmitted light. As a result, the transmitted light goes out with its approximately circular polarization retained. After the outgoing light is transformed into a linearly-polarized light by the first retardation layer, it is inputted into the analyzer to restrict light transmission. As a result, the liquid crystal display device

can show a black display. To compare, when the voltage between a pixel electrode and the counter electrode has a predetermined value such as in a case of voltage application or at the initial alignment state of no voltage application, the alignment directions of liquid crystal molecules are controlled so as to be different from each other in a pixel. Since the liquid crystal layer provides a phase difference depending on the alignment state to the transmitted light in this state, the circularly-polarized light is transformed into elliptically-polarized light. Accordingly, the transmitted light does not return to a linearly-polarized light even after having passed through the first retardation layer, causing part of the light going out of the first retardation layer go out of the analyzer. As a result, it is possible to control the amount of light going out of the analyzer depending on the applied voltage, making half-tone display possible.

[0017]

Furthermore, since the alignment directions of liquid crystal molecules are different from each other in a pixel, it is possible to make areas in which liquid crystal molecules having alignment directions different from each other are present compensate each other optically. As a result, the display qualities when seen diagonally can be improved, and the viewing angle can be enlarged.

[0018]

Here, as a result of controlling the alignment directions of liquid crystal molecules in the above-described liquid crystal layer so that they are different from each other in a pixel in order to secure a wide viewing angle, alignment disorder tends to occur. Accordingly, in the case of a conventional liquid crystal display device in which linearly-polarized light comes into the liquid crystal layer, and the outgoing light from the liquid crystal layer comes into the analyzer, disorder occurs in the alignment of the liquid crystal molecules, and when the in-plane component of the alignment directions coincides with the absorption axis of the analyzer, it becomes impossible for the liquid crystal molecules to provide phase difference to the transmitted light, even when it is a component of the alignment directions normal to the substrate. Here, the mode of disorder in the alignment state is different from pixel to pixel, and also from location to location in a pixel,

resulting in rough appearance in display. Furthermore, since the liquid crystal molecules having an in-plane component of the alignment directions coinciding with the absorption axis of the analyzer cannot contribute to the improvement of brightness, the light utilization efficiency (effective aperture ratio) will be decreased. As a result, it is difficult to secure the contrast ratio, and to increase the half-tone number.

[0019]

To compare, since approximately circularly polarized light comes into the liquid crystal display device according to the present invention, the anisotropy in the alignment direction does not exist in the liquid crystal layer, and unless the alignment direction of the liquid crystal molecules and the transmitted light coincide with each other both in the in-plane component and in the direction normal to the substrate, the liquid crystal molecules can provide phase difference to the transmitted light. Accordingly, as a result of controlling the alignment directions of liquid crystal molecules to be different from each other in a pixel to secure a wide viewing angle, improvement in brightness is made possible, even though the tendency of disordering in the alignment state, unless the alignment direction of liquid crystal molecules with disordered alignment coincides with the viewing angle. As a result, it is possible to secure a high light utilization efficiency while retaining a wide viewing angle, and accordingly, realize an improved contrast ratio and increased half-tone number.

[0020]

Furthermore, it is preferable, in addition to the above-described constitution that the above-described circularly polarizing means sets a 550 nm wavelength light to an approximately circularly polarizing state, and the retardation in the in-plane direction is set to be approximately 1/4 the 550 nm at the above-described first retardation layer.

[0021]

In this constitution, regarding the 550 nm wavelength which provides the highest visibility to human eye, an approximately circularly polarized light comes in, and degradation in brightness and rough appearance can be prevented. As a result, it is possible to realize a liquid crystal display device with which degradation in brightness and

rough appearance are hard to be recognized, in comparison with a case in which an approximately circularly-polarized light comes in only in the other wavelengths.

[0022]

It is to be noted that it is sufficient for the circularly polarizing means to have circularly-polarized light come in. It is acceptable for the circularly polarizing means to have approximately circularly-polarized light come in to the extent that the above-described degradation in brightness and rough appearance are not conspicuous. It is also acceptable for the retardation of the first retardation layer to be approximately 1/4 times the wavelength of the transmitted light to the extent that the above-described degradation in brightness and rough appearance are not conspicuous, although perfectly 1/4 times the wavelength should be fine.

[0023]

To be concrete, when a 550 nm wavelength light is set as a standard, the retardation in the in-plane direction of the above-described first retardation layer is preferably set to be not less than 95 nm and not more than 175 nm.

[0024]

In the above-described constitution, the retardation is set to be not less than 95 nm and not more than 175 nm. Therefore, even though the brightness is degraded, the overall degradation in brightness and the degradation in brightness in the areas with disordered alignment can be restricted to about 10%. As a result, it is possible to realize a liquid crystal display device with which the degradation in brightness and rough appearance are hard to be recognized, in comparison with a case in which the retardation is set to be in a region other than the above-described region.

[0025]

In addition to the above-described constitution, it is desirable that the above-described circularly polarizing means is a selective reflection layer installed on the incident light side of the liquid crystal layer, transmit circularly-polarized light in the predetermined optical rotation direction, and reflect circularly-polarized light in the opposite direction.

[0026]

In this constitution, circularly-polarized light in the predetermined optical rotation direction of the light coming into the selective reflection layer is transmitted through the selective reflection layer. To compare, circularly-polarized light rotating in the opposite direction is reflected at the selective reflection layer, and may be reutilized, for example by returning it to the backlight source, which is different from a case in which it is absorbed by a polarizer. As a result, the light utilization efficiency is improved, although approximately circularly-polarized light can enter the liquid crystal layer.

[0027]

On the other hand, the above-described circularly polarizing means may be, instead of using a selective reflection layer as a circularly polarizing means, equipped with a polarizer installed on the incident light side of the liquid crystal layer, and a second retardation layer installed between the polarizer and liquid crystal layer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is approximately 1/4 times that of the transmitted light. Even in this case, since the linearly-polarized light that goes out of the polarizer is transformed into an approximately circularly-polarized light by the second retardation layer, an approximately circularly-polarized light can enter the liquid crystal layer. It is to be noted that although the incident light side and the outgoing side of the liquid crystal display device may be on the same side or on the different sides, the same layer can be used as the analyzer and polarizer or, the first and second retardation layers, in the case of the same side.

[0028]

Furthermore, in addition to the above-described constitution, it is desirable that the analyzer, polarizer, and first and second retardation layers are disposed so that the analyzer is installed on one side of the liquid crystal layer, the polarizer is installed on the other side, the light transmission axis of the analyzer is 45° from the phase delay axis of the first retardation layer, and the light transmission axis of the polarizer is 45° from the phase delay axis of the second retardation layer.

[0029]

In this constitution, since the light transmission axis of the analyzer is 45° from the phase delay axis of the first retardation layer, and the light transmission axis of the polarizer is 45° from the phase delay axis of the second retardation layer, the linearly-polarized light can be efficiently converted to circularly-polarized light, and vice versa.

[0030]

Furthermore, when the first and second retardation layers are installed, it is desirable that the analyzer is installed on one side of the liquid crystal layer, and the polarizer is installed on the other side, the first and second retardation layers are disposed so that one of the phase delay axes is perpendicular to the other, and the analyzer and polarizer are disposed so that one of the transmission axes is perpendicular to the other.

[0031]

In the above-described constitution, the first and second retardation layers are disposed so that one of the phase delay axes is perpendicular to the other. Therefore, the wavelength dispersions in the refractive index anisotropy both retardation layers have cancel each other. As a result, a wider wavelength range of transmitted light is absorbed by the analyzer in the black display state, leading to realization of a better black display.

[0032]

Furthermore, in any of the constitutions, it is desirable that a viewing angle compensation layer is installed between layers from the analyzer to polarizer, wherein the refractive index anisotropy is set so that a phase difference provided by the liquid crystal layer that changes depending on the tilting angle from the direction normal to the first substrate to the viewing angle is cancelled out.

[0033]

In this constitution, the phase difference provided by the liquid crystal layer is cancelled out by the viewing angle compensation layer, depending on the tilting angle of the viewing angle. Therefore, it is possible to restrict the viewing angle dependency, and to realize a liquid crystal display device having a good contrast ratio in a wider viewing angle range.

[0034]

(EMBODIMENT OF THE INVENTION) (FIRST EMBODIMENT)

One of embodiments of the present invention will be explained as follows, based on Figs. 1-16. Take a liquid crystal layer exhibiting alignment vertical to the substrate when no voltage is applied, and exhibiting a radially-tilting alignment in which the alignment directions change continuously when a voltage is applied as a liquid crystal layer having alignment directions that are not consistent, for example, a liquid crystal panel 2 of a liquid crystal display device 1 according to the present embodiment is equipped with a TFT (Thin Film Transistor) substrate 21a, a counter substrate 21b, a liquid crystal cell 21 comprising the liquid crystal 21c sandwiched by both substrates 21a and 21b, polarizing plates 22a and 22b, polarizing plates 22a, 22b disposed on both sides of the liquid crystal cell 21, a $\lambda/4$ plate (second retardation layer) 23a disposed between the polarizing plate 22a on the TFT substrate 21a side and the liquid crystal cell 21, and a $\lambda/4$ plate (first retardation layer) 23b disposed between the polarizing plate 22b on the counter substrate 21b side and the liquid crystal layer 21c. It is to be noted that both the substrates 21a and 21b correspond to the first and second substrates described in the claims. Furthermore, the polarizing plate 22a corresponds to the polarizer, and the polarizing plate 22b corresponds to the analyzer.

[0035]

The above-described liquid crystal cell 21 is a vertical alignment (VA) mode liquid crystal cell, and is fabricated by applying vertical alignment films (not shown) to the TFT substrates 21a on which pixel electrodes 31 (to be described later) formed with ITO (Indium Tin Oxide) or the like, and thin film transistor elements (not shown) arrayed in the shape of a matrix, and the counter substrate 21b having a counter electrode, followed by bonding both substrates 21a and 21b, and enclosing the liquid crystal layer 21c having a negative dielectric constant anisotropy in a gap between the substrates 21a and 21b. By this, the liquid crystal molecules M in the liquid crystal layer 21c are aligned approximately vertically as shown in Fig. 1 when no voltage is applied, and a horizontal alignment is realized with the liquid crystal molecules being tilted as shown in Fig. 2 when a voltage is applied.

[0036]

Furthermore, in the liquid crystal cell 21c according to this embodiment, a resin 32a formed with a circular hole 32 therein is installed on each pixel electrode 31 formed on the TFT substrate 21a, as shown in Fig. 3. The wall H of the hole part 32 is inclined as shown in Fig. 4, and liquid crystal molecules M near the wall surface H are aligned to be vertical to the surface of the wall M. In addition, the electric field near the wall surface H tilts to be parallel to the wall surface H when a voltage is applied. As a result, when the liquid crystal molecules M are tilted at the time of voltage application, the liquid crystal molecules M tend to be tilted in a radial manner in the in-plane direction around the centers of the hole parts 32, as shown by the arrows in Fig. 3, with the result that each of the liquid crystal molecules M in the liquid crystal layer 21c can be aligned with tilting in a radial manner. Also, when the applied voltage is further increased, the tilting angle from the direction normal to the substrate is increased, and each of the liquid crystal molecules M is aligned approximately parallel to the display screen and radially in the in-plane. The resin 32a with the hole parts 32 formed can be formed by applying a photosensitive resin onto the TFT substrate 21a, followed by processing in a photolithography step.

[0037]

Furthermore, when the pitch between pixels are made larger, for example, there would be a problem that when only one hole part 32 is formed in each pixel electrode 31, the center region of a hole part 32 provides insufficient alignment controlling force, leading to unstable alignment. Accordingly, when the alignment controlling force of the center region is insufficient, it is preferable to install a plurality of hole parts 32 on each pixel electrode 31, as shown in Fig. 5. In the figure, numeral 33 indicates a source wiring and numeral 34 indicates a gate wiring.

[0038]

On the other hand, the $\lambda/4$ plate 23a, 23b shown in Fig. 1 are formed from material having birefringence anisotropy such as a monoaxially drawn polymer film, for example, and the thickness (length along the direction the normal to the substrate) is set

so that the light path difference between the ordinary light and extraordinary light is 1/4 times the wavelength of the incident light. By this, a linearly-polarized light having a light polarization direction of 45° from the phase delay axis can be converted to a circularly-polarized light. Also, when a circularly-polarized light enters, it can be converted to a linearly-polarized light having a light polarization direction of 45° from the phase delay axis of the $\lambda/4$ plates 23a (23b). If axially symmetrical alignment is realized by adding a chiral agent when the liquid crystal layer 21c is formed, a twist angle occurs in the liquid crystal layer 21c. Therefore, it is desirable, in this case, to shift the light path difference of the $\lambda/4$ plate 23a (23b) from the 1/4 wavelength, taking the twist angle of the liquid crystal layer 21c into consideration.

[0039]

Furthermore, in the liquid crystal panel 2 according to this embodiment, the transmission axis PAa (PAb) of the polarizing plate 22a (22b), and the phase delay axis SLa (SLb) of the $\lambda/4$ plate 23a (23b) are set in directions shown in Fig. 6. To be specific, the phase delay axis SLa of the $\lambda/4$ plate 23a is arranged to be 45° from the transmission axis PAa of the polarizing plate 22a. Also, the phase delay axis SLb of the $\lambda/4$ plate 23b is arranged in the same direction as in the case in which the angle between the phase delay axis SLa and transmission axis PAa is arranged, so that it is disposed at 45° from the transmission axis PAb of the polarizing plate 22b. It is to be noted here that Fig. 6 illustrates, as an example, a case in which a clockwise 45° is formed when seen along the direction normal to the substrate from the counter substrate 21b side. The figure illustrates a case when no voltage is applied, in which the liquid crystal molecules M are approximately vertically aligned.

[0040]

Furthermore, in the liquid crystal display device 1 according to this embodiment, a backlight 3 as a light source for the liquid crystal display device 1 is installed on one of the two surfaces of the liquid crystal panel 2, as shown in Fig. 1. In the example of Fig. 1, a backlight 3 is installed on the TFT substrate 21a side.

[0041]

In the above-described constitution, when no voltage is applied between the pixel electrodes 31 and counter electrode (not shown), the liquid crystal molecules M of the liquid crystal layer 21 are in a vertical alignment state, except a small number of molecules around the walls H of the hole parts 32, as shown in Fig. 1. In this state (no voltage application), light from the backlight 3 coming into the liquid crystal panel 2 passes through the polarizing plate 22a to become a linearly polarized light in which the polarizing direction is at 45° from the phase delay axis SLa of the $\lambda/4$ plate 23a. Furthermore, the linearly polarized light is converted to a circularly polarized light by passing through the $\lambda/4$ plate 23a.

[0042]

Here, the liquid crystal molecules M do not provide phase difference to light which comes in the direction in parallel with the alignment direction. Accordingly, the liquid crystal layer 21c cannot provide phase difference to the light coming vertically into the liquid crystal layer 21c from the backlight 3, showing almost no birefringence.

[0043]

As a result, the circularly polarized light going out of the $\lambda/4$ plate 23a passes through the liquid crystal layer 21c with its light polarizing state intact, and comes into the $\lambda/4$ plate 23b. When the circularly polarized light passes through the $\lambda/4$ plate 23b, the circularly polarized light is converted to a linearly polarized light polarized in the direction that is 45° from the phase delay axis SLb of the $\lambda/4$ plate 23b, that is, perpendicular to the transmission axis PAb of the polarizing plate 22b. Therefore, the linearly polarized light is absorbed in the polarizing plate 22b, and the liquid crystal display device 1 can show a black display at no voltage application.

[0044]

To compare, when a voltage is applied between the pixel electrodes 31 and counter electrode, the liquid crystal molecules M in the liquid crystal layer 21c are aligned as radially tilted, as shown in Figs. 2 and 7. Even in this state, the light polarizing state is converted in the same ways as in the case of no voltage application from the backlight 3 as far as the liquid crystal cell 21, and a circularly polarized light comes into the liquid

crystal layer 21c.

[0045]

However, the alignment direction of the liquid crystal molecules M changes at the time of voltage application, and they are aligned as radially tilted. Hereupon, when the alignment direction and incident direction are different from each other, the liquid crystal molecules M can provide to the transmitted light a phase difference corresponding to the angle between them, while they do not give phase difference to the light incident in the direction in parallel with the alignment direction.

[0046]

As a result, in the case of light perpendicularly coming into the liquid crystal cell 21, the liquid crystal layer 21c can give a phase difference to the transmitted light, and change the light polarizing state of the transmitted light, except in small areas where the liquid crystal molecules M are aligned in the direction normal to the substrate, such as the central areas of the hole parts 32. Accordingly, the light coming out of the liquid crystal cell 21 changes into an elliptically-polarized light, in general. This elliptically-polarized light does not change into a linearly-polarized light when having passed through the $\lambda/4$ plate 23b, which is different from the case at no voltage application. Thus, part of light given to the polarizing plate 22b from the liquid crystal cell 21 through the $\lambda/4$ plate 23b, can be transmitted through the polarizing plate 22b. Here, the amount of polarized light transmitted through the polarizing plate 22b depends on the level of the phase difference given by the liquid crystal layer 21c. Therefore, it is possible to change the amount of incident light and make half-tone display possible in the liquid crystal display device 1, by controlling the voltage applied to the liquid crystal layer 21c in order to adjust the alignment directions of the liquid crystal molecules M.

[0047]

In the above-described constitution, the liquid crystal layer 21 has a radially tilting alignment. Accordingly, even when the liquid crystal panel 2 is seen from directions (in-plane directions) the in-plane components of which are different from each other, the whole liquid crystal molecules M related to the display of a pixel give

approximately one the same phase difference to the transmitted light. As a result, a wider viewing angle can be secured, in comparison with a case in which all the liquid crystal molecules M related to display of a certain pixel are aligned with tilting in a single specific direction.

[0048]

Here, even if the liquid crystal display device 101 has a constitution in which the liquid crystal layer 121c has a radially tilting alignment so as to secure a wide viewing angle as shown in Fig. 18, there are a group of liquid crystal molecules of which the in-plane components of the alignment directions are aligned with tilting to the direction which coincides with the direction of the linearly-polarized light when a linearly-polarized light comes into the liquid crystal layer 121c in the constitution. Since the group of liquid crystal molecules cannot provide the transmitted light with phase difference, irrespective of the component in the direction normal to the alignment direction, light that has passed through the group of liquid crystal molecules will be absorbed by the polarizing plate 122b on the outgoing light side, as in the case of vertical alignment.

[0049]

As a result, the transmittance in the area along the direction of the linearly-polarized light about the central portion of the hole parts 32 as well as in the areas along the direction perpendicular to the above direction come to be decreased. Furthermore, in the edge area of the pixel electrodes 31 as shown in Fig. 19, for example, the alignment of the liquid crystal molecules M is disturbed, leading to disorder in alignment which is different from place to place, by the influence of the external electric field or the like, and accordingly, rough appearance in display will be recognized.

[0050]

To compare, in the constitution of the present embodiment, since a circularly-polarized light comes into the liquid crystal cell 21, the liquid crystal molecules M which cannot provide transmitted light with phase difference are only those aligned vertically to the substrate surface, when seen from the front, even though a wide viewing angle is secured by the radially tilting alignment. Also, when seen diagonally, there are only

liquid crystal molecules M which are aligned in the same direction as the viewing angle direction. As a result, there will be fewer number of liquid crystal molecules that cannot contribute to the effect, and phase difference can be generated unless the viewing angle of the in-plane component is not the same as the one of the normal direction component. Therefore, areas in which shading appears in the display are limited only to the central locations of hole parts 32 and the locations in the midst of two adjacent hole parts 32, 32 as shown in Fig. 8, and areas in which shading occurs can be reduced greatly in the edge areas of pixel electrodes 31. Furthermore, whether shading is recognized or not, the number of liquid crystal molecules M which can provide the transmitted light with phase difference will increase. As a result, the transmission intensity T1 of the liquid crystal display device 1 according to the present embodiment, will be higher than the transmission intensity T101 of a conventional liquid crystal display device 101 wherein linearly-polarized light enters, improving the light utilization efficiency (effective aperture ratio) and brightness, as shown in Fig. 9. Fig. 9 shows the ratio of each transmission (transmission intensity) to the theoretical maximum transmission (50% of transmission intensity of air) in the liquid crystal display devices 1, 101, with the voltage [V] applied to the liquid crystal layer of each liquid crystal display device as abscissa.

[0051]

In the above description, the retardations of the $\lambda/4$ plates 23a, 23b are set so that the incoming light will be a circularly-polarized light. However, a polarized light which is not a complete circularly-polarized light, or an elliptically-polarized light which may be roughly regarded as a circularly-polarized light, for example, may be accepted, if the decrease in brightness is not significant and the shifting from a complete circularly-polarized light does not generate rough appearance. To be specific, in the case of Fig. 1, for example, when the transmittance at a wavelength (550 nm) which provides the highest visibility is determined (simulation) while changing the retardations of the $\lambda/4$ plates 23a, 23b, the decrease in brightness and rough appearance is hard to be recognized by an observer, if the change rate in the brightness is within 10%, that is, if the transmittance is not less than 0.9, as shown in Fig. 10. Accordingly, if the retardations of the $\lambda/4$ plates

23a, 23b are 135 nm to the light around 550 nm, it is optimal, and if the retardation is in the range of not less than 95 nm and not more than 175 nm, a similar effect will be realized, even if a complete circularly-polarized light is not used. Outside of the range, the brightness falls rapidly, and rough appearance due to defective alignment areas tends to be easily recognized.

[0052]

The above-described $\lambda/4$ plates 23a, 23b are effective in improving the brightness and preventing rough appearance, if a circularly-polarized light or elliptically-polarized light which is close to a circularly-polarized light can be converted to a linearly-polarized light, and vice versa, in a wavelength with the highest visibility, that is, if the $\lambda/4$ conditions are roughly satisfied in the above-described range with the wavelength. When display with a stress in color tone or similar display is needed, particularly, it is preferable that a circularly-polarized light or elliptically-polarized light which is close to a circularly-polarized light can be converted to a linearly-polarized light, and vice versa, in the whole visible light spectrum. However, since it is generally difficult to completely remove wavelength dispersion in monolayer $\lambda/4$ plates 23a, 23b, if $\lambda/4$ plates are used as the $\lambda/4$ plates 23a, 23b, for example, which satisfy the $\lambda/4$ conditions to a light (550 nm) with the highest visibility, the $\lambda/4$ conditions will be missed as the wavelength of light shifts away from 550 nm. As a result, even if the applied voltage is set to a value which should shield a 550 nm light in order to realize a black display, there might be an occasion in which visible light which has shifted from 550 nm passes through the polarizing plate 22b, leading to a discoloring phenomenon.

[0053]

Therefore, restriction of discoloring phenomenon is needed in cases such as color display, it is desirable to make the transmission axis PAa of the polarizing plate 22a and the transmission axis PAb of the polarizing plate 22b perpendicular to each other, and make the phase delay axis SLa of the $\lambda/4$ plate 23a and the phase delay axis SLb of the $\lambda/4$ plate 23b perpendicular to each other, as shown in Fig. 11. Here, the angle between the transmission axis PAa and phase delay axis SLa, and the angle between the transmission

axis PAb and phase delay axis SLb are set to be 45° against the same direction, as in Fig. 6.

[0054]

Since the phase delay axis SLa of the $\lambda/4$ plate 23a and the phase delay axis SLb of the $\lambda/4$ plate 23b are perpendicular to each other in the liquid crystal display device 1a of this modified embodiment, the wavelength dispersions of the refractive index anisotropy of the $\lambda/4$ plates 23a and 23b cancel each other. As a result, the polarizing plate 22b can absorb a transmitted light with a wider wavelength range in a black display state, and good black display without discoloration can be realized.

[0055]

The $\lambda/4$ plates 23a and 23b may be formed from different materials. However, it is preferable to form them from at least the same material, and if possible, by the same fabrication process, since such $\lambda/4$ plates can realize a liquid crystal display device which does not show discoloration at a lower cost than wide-spectrum $\lambda/4$ plates.

[0056]

In the above description, the explanation is made to a case in which light comes vertically into the liquid crystal layer 21c when in a black display. However, in a transmission-type liquid crystal display device 1 in particular, although a vertically incoming light contributes the most to the display, light which comes from diagonal directions from the liquid crystal layer 21c (directions that are inclined from the direction normal to the display surface of the liquid crystal display device 1) also contributes to the display. Here, such diagonally incoming light may be given phase difference also by the liquid crystal layer 21c in the vertically aligned state. Accordingly, when the display surface of the liquid crystal display device 1 is seen diagonally, there would be a problem of light leakage, and the display contrast ratio is decreased, even though a vertical alignment state which should be in a black state is realized.

[0057]

Therefore, when it is required to improve the contrast ratio in the diagonal direction, it is desirable to further install a viewing angle compensation plate (viewing

angle compensation layer) 24 formed as a retardation plate in which the refractive index anisotropy is set so as to cancel out the phase difference to the diagonally incoming light, as shown in the liquid crystal display device 1b in Fig. 12. Fig. 12 shows an exemplary case in which a single retardation plate is installed as a viewing angle compensation plate 24 on the exterior side of the TFT substrate 21a (the furthest side from the liquid crystal layer 21c). However, the viewing angle compensation plate is not limited to this, and a plurality of retardation plates may be laminated to form a viewing angle compensation plate 24. Also, the location where the viewing angle compensation plate 24 is installed, is not limited to the exterior side of the TFT substrate 21a, and the exterior side of the counter substrate 21b may be used. It is also possible to install viewing angle compensation plates on the respective exterior sides of both the substrates 21a and 21b.

[0058]

In any case, since the sum of the phase differences of the viewing angle compensation plates 24 are set so as to cancel out the phase difference to the diagonally incoming light, it is possible to restrict the above-described light leakage and improve the contrast ratio in the diagonal direction. By this, it is possible to realize a liquid crystal display device having good contrast ratio in every viewing angle range.

[0059]

In the above description, the radially tilting alignment is realized by the hole parts 32. However, the method for realizing such alignment is not limited to this. For example, it is possible to realize a radially tilting alignment, by installing protrusions 35 in the shape of a hemisphere on the pixel electrodes 31 instead of the hole parts 32, as shown in the liquid crystal display device 1c in Fig. 13. In this case, liquid crystal molecules M in the neighborhood of a protrusion 35 are aligned vertically to the surface of the protrusion 35, and the electric field in the neighborhood of the protrusion 35 is tilted toward the direction in parallel with the surface of the protrusion 35 when a voltage is applied. By this, the liquid crystal molecules M tend to be tilted radially about the protrusion 35 in the in-plane direction in the same way as in the constitution of Fig. 3, as shown by the arrows in the figure, and each liquid crystal molecule M in the liquid crystal

layer 21c can be aligned with tilting radially. It is to be noted that each protrusion 35 can be formed by applying a photosensitive resin followed by a photolithography process.

[0060]

In the above description, the explanation is made for an exemplary case in which respective liquid crystal molecules M in the liquid crystal layer 21c are tilted with their radial alignment directions changing continuously from each other, when a voltage is applied. However, the structure of a liquid crystal layer for realizing such tilting is not limited to this. As shown in Figs. 14 to 16, it is also effective to use a liquid crystal layer having a structure wherein the liquid crystal layer is partitioned into a plurality of domains in which the alignment directions are different from each other when a voltage is applied (multi-domain alignment).

[0061]

For example, in the liquid crystal display device 1d in Fig. 14, pyramidal protrusions 35a are formed on the pixel electrodes 31, instead of hemispherical protrusions 35 in Fig. 13. In this structure, liquid crystal molecules M are aligned so as to be perpendicular to each slope, in the neighborhood of a protrusion 35a. In addition, the electric field of the part in the protrusion 35a is tilted in the direction in parallel to the slope of the protrusion 35a, when a voltage is applied. As a result, the in-plane component of an alignment angle of liquid crystal molecules M comes to be equal to the in-plane component in the direction normal to the nearest slope (direction P1, P2, P3 or P4) when a voltage is applied. Accordingly, a pixel area is partitioned into four domains D1 to D4 showing different alignment directions at the time of tilting. As a result, when the liquid crystal display device 1d is seen from a certain domain side, the transmittance in domains other than the domain are not degraded, even though the transmittance in the very domain is degraded, and the overall transmittance is prevented from being degraded. By this, it is hard for the brightness of the liquid crystal display device 1d to depend on the in-plane direction of the viewing angle.

[0062]

Here, the in-plane components of the alignment directions are limited in a four-

partitioned multi-domain alignment. Accordingly, it is possible to decrease the number of liquid crystal molecules that cannot provide a transmitted light with phase difference, by setting the angles between the above-described directions P1 to P4 and the direction of a linearly-polarized light to be 45°, even when a linearly-polarized light comes in, which is different from the above-described radially tilting alignment case.

[0063]

However, even in such setting, the alignment state of liquid crystal molecules M tends to be disturbed in the domain border regions B12, B23, B34 or B41 between domains, or circumferential edge regions of the pixel electrodes 31. Accordingly, depending on the disturbance of the alignment state, there would be a problem of increased number of liquid crystal molecules which cannot provide a transmitted light with phase difference due to coincidence of the direction of the linearly-polarized light and the in-plane component of the alignment direction.

[0064]

To be specific, since in a border region, liquid crystal molecules M are aligned as are supported by the liquid crystal molecules M present in the domains on both sides, the alignment of the liquid crystal molecules M is not fixed, and is in an unstable state. As a result, if the balance of the alignment controlling forces from the domains on both sides is disturbed by mere chance, the alignment state on the border regions will change (tilt). It is to be noted that the balance may be affected not only by a slight fluctuation of the alignment controlling force during the fabrication processes but also by the sideway electric field by the voltage applied to the gate signal wiring and source signal wiring, degradation with time, etc. Therefore, the change in the alignment state occurs not only from part to part in the border regions but also from pixel to pixel. As a result, there would be a problem that rough appearance will be recognized when a linearly-polarized light comes in.

[0065]

Also, in the edge regions, the alignment state changes continuously, and accordingly, tends to be affected by the external electric fields such as the electric fields

from the source signal wiring and gate signal wiring, in comparison with the central portions of the pixel electrodes 31. When the alignment is controlled by a wall structure, it is also susceptible to steric stress. Thus, since it is susceptible to the surrounding influence in the edge regions, the alignment controlling force tends to be nonuniform, and the alignment state of the liquid crystal molecules tends to change (tilt). The alignment state changes not only from part to part in the border regions but also from pixel to pixel. As a result, when linearly polarized light comes into the liquid crystal layer having a multi-domain structure, the disordering in the alignment state causes rough appearance that is possibly recognizable.

[0066]

To compare, in this embodiment, circularly-polarized light enters a multi-domain alignment liquid crystal cell by means of a $\lambda/4$ plate 23a. As a result, even though the alignment state of the liquid crystal molecules M is disturbed, the liquid crystal molecules M can contribute to the display, unless the alignment directions of the liquid crystal molecule M and the viewing angle coincide with each other not only in their in-plane components but also in their components in the direction normal to the substrates, just in the same way as in the radially tilting alignment. By this, a liquid crystal display device having high display qualities without rough appearance can be realized, as a result of utilizing a multi-domain alignment liquid crystal layer for securing a wide viewing angle, even though there are domain border areas besides edge areas in the pixel electrodes 31.

[0067]

While multi-domain alignment is realized by installing protrusions 35a in the liquid crystal display device 1d in Fig. 14, it is to be noted that multi-domain alignment can also be realized by installing on the pixel electrode 31 protruding parts 36 ... having a mound-like shape in the normal direction, and a zigzag stripe shape with approximately right-angled zigzagging in the in-plane direction, and installing protruding parts 37 having a similar shape on the counter electrode of the counter substrate 21b, as shown in the liquid crystal display device 1e in Fig. 15. The spacing between the protruding parts 36 and 37 in the in-plane direction is arranged so that the normal to the inclination of the

protruding parts 36 and the normal to the inclination of the protruding parts 37 coincide with each other. Also, these protruding parts 36 and 37 can be formed by applying a photosensitive resin to the pixel electrodes 31 and counter electrode followed by photolithographic processing respectively, as in the case of protrusions 35, 35a.

[0068]

In the above-described structure, of the protruding parts 36, the liquid crystal molecules M in the areas D1, D2 (D3, D4) near the line parts L1 (L2) are aligned along the slopes of the mounds in the regions except the angled parts C. Here, the line parts L1 and L2 are perpendicular to each other. As a result, each pixel can be divided into plural domains D1, D2 (D3, D4) having different alignment directions from each other.

[0069]

In this structure, there are domain border areas B13, B24 so as to connect each of angled parts C. There are also domain border areas B12, B34 along the line parts L1, L2. Therefore, when linearly-polarized light enters the liquid crystal cell, there is a possibility that the disorder in the state of alignment directions in the domain border areas B13, B24, B12, B34 may be viewed as rough appearance, even though the in-plane directions of the line parts L1, L2 are tilted 45° regarding the linearly-polarized light. It is to be noted that the border areas B12, B34 along the line parts L1, L2 cannot be hidden unless extra light-shielding films are installed, while the border areas B13, B24 connecting each of the angle parts C can be hidden by arranging the angled parts C so that the auxiliary capacitance wiring of a metal formed on the TFT substrate 21a, light-shielding films installed on the counter substrate 21b in the capacity of color filter substrates, etc. are installed so as to be overlapped with the areas to be shielded.

[0070]

Multi-domain alignment may be realized by partitioning alignment by installing slits in the pixel electrodes 31 or in the counter electrode, besides the protrusions. For example, in the liquid crystal display device 1f in Fig. 16, alignment control windows 38 are installed which are each formed on the counter electrode of the counter substrate 21b by connecting Y-shaped slits symmetrically in the perpendicular direction (direction in

parallel with one of the sides of an approximately square-shaped pixel electrode 31 in the plane), as in the case of a liquid crystal cell described in Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 11-109391.

[0071]

In this structure, the liquid crystal molecules M are aligned vertically in the areas just under the alignment control windows 38 over the surface of the counter substrate 21b, since an electric field which is large enough to tilt the liquid crystal molecules M does not appear. On the other hand, in the areas around the alignment control windows 38 over the surface of the counter substrate 21b, an electric field appears that is spreading away to avoid the alignment control windows 38, as it comes near to the counter substrate 21b. As a result, the liquid crystal molecules M are tilted to the direction in which the long axis is perpendicular to the electric field, and the in-plane components of the alignment directions of the liquid crystal molecules M become approximately perpendicular to each side of the alignment control windows 38, as shown by arrows in the figure. By this, plural domains D1 to D4 can be formed in a pixel. Although not illustrated in the figure for the convenience of explanation, there are TFT elements installed in which gate electrodes are actually connected to the gate signaling lines 34, source electrodes, to source signaling lines 33, and drains, to the pixel electrodes 31.

[0072]

However, even in this case, the alignment directions of liquid crystal molecules M tend to be disturbed in the domain border areas (just under the alignment control windows 38) of each domain, causing a possible problem of disclination lines DL being observed. It is possible to make the spots where the disclination lines DL appear in a uniform manner, if $W_p > d/2$, and/or, $W_s > d/2$ are set, when the distance between adjacent pixel electrodes 31 is W_p , the distance between the pixel electrodes 31 and the counter electrode is d , and the slit width of the alignment control windows 38 is W_s , as set out in the above-described Publication, but there is no change in the presence of the border areas. Accordingly, it is hard to completely delete the abnormal alignments.

[0073]

In any case, since plural domains are installed in a pixel of the multi-domain alignment liquid crystal cell in order to enlarge the viewing angle, border areas are present in a pixel (within the display area). Accordingly, when linearly polarized light enters, disclination lines DL are generated along the absorption axes direction (cross-Nicole) of the polarizing plate 22a (22b) in the alignment control windows 38, due to the disorder of the alignment state in the border areas, and possibly cause a problem of rough appearance being observed due to the place-to-place or pixel-to-pixel difference in the state of the disclination lines DL.

[0074]

To compare, in this embodiment, circularly-polarized light enters the multi-domain alignment liquid crystal cell. By this, use of the multi-domain alignment liquid crystal cell for securing a wide viewing angle results in a state in which disclination lines are hard to be observed not only in the edge areas of the pixel electrodes 31, but also in the alignment control windows 38, even though the domain border areas are present. Accordingly, a liquid crystal display device 1 with high display qualities and without rough appearance can be realized.

[0075]

While, in this embodiment, the explanation has been made, taking, for an example of liquid crystal cell, a case in which a liquid crystal layer is used that has liquid crystal molecules M having a negative dielectric constant anisotropy, being aligned vertically to the substrate surface as the initial alignment, and being aligned in plural directions within a pixel when a voltage is applied, it is also possible to use a liquid crystal layer with a positive dielectric constant anisotropy, and horizontal alignment in multiple directions regarding the substrate surface at the initial alignment.

[0076]

In any case, a liquid crystal display device using a liquid crystal layer in which the alignment directions are controlled so that the in-plane components of the alignment directions of respective liquid crystal molecules M are different from each other in a pixel

when a voltage is applied, will provide approximately the same effect as this embodiment.

[0077]

Furthermore, even in a liquid crystal layer in which the alignment directions of liquid crystal molecules M are controlled to be in a single direction in a pixel, there are problems that the alignment direction would be disturbed at the edge parts of a pixel due to diagonal electric fields by bus lines such as the source signal lines and gate signal lines, for example. Accordingly, a liquid crystal display device using a liquid crystal layer in which the in-plane components of the alignment directions of respective liquid crystal molecules M are different from each other in a pixel when a voltage is applied, will provide some level of effect.

[0078]

However, in a liquid crystal layer such as those in the multi-domain alignment and the radially tilting alignment in which the alignment directions are controlled so that the in-plane components of the alignment directions of respective liquid crystal molecules M are different from each other in a pixel when a voltage is applied, the alignment state tends to be more easily disturbed, and the display qualities are more likely to be degraded, compared with a liquid crystal layer in which the alignment directions are controlled to be in a single direction in a pixel. Thus, the display qualities can be improved to a greater extent, when circularly-polarized light enters the liquid crystal layer.

[0079]

Furthermore, vertical alignment mode liquid crystal cells provides a higher display contrast and higher response speed between the levels of white and black, compared with the TN (Twisted Nematic) mode liquid crystal cells. In addition, it is possible to restrain the in-plane direction dependency of the viewing angle, by combining with the radially tilting alignment or the multi-domain alignment. Therefore, by having circularly-polarized light enter the radially tilting alignment or multi-domain alignment liquid crystal cell in the vertical alignment mode, it is possible to realize a liquid crystal display device that can furnish all of contrast, response speed, viewing angle, and the in-plane direction dependency of the viewing angle and the display qualities. In particular,

the radially tilting alignment has less in-plane direction dependency than multi-domain alignment, though rough appearance is more likely recognized, when it is combined with linearly-polarized light. Accordingly, it is possible to realize a liquid crystal display device with little in-plane direction dependency without degrading the display qualities, by having circularly-polarized light enter to restrain the rough appearance as in this embodiment.

[0080] (SECOND EMBODIMENT)

In the above-described first embodiment, the explanation was made to a case in which the polarizing plate 22a and $\lambda/4$ plate 23a are placed between the backlight 3 and liquid crystal cell 21, as circularly polarizing means for having circularly-polarized light enter the liquid crystal cell 21. However, since the polarizing plate 22a absorbs the oscillating components other than one along the transmission axis Aa, the outgoing amount of light from the polarizing plate 22a is limited to about 40-60% of the amount of the incident light.

[0081]

To compare, in the liquid crystal display device 1g according to this embodiment, a selective reflection layer 25 is installed as a circularly polarizing means to replace both the above-described members 22a, 23a, as shown in Fig. 17. The selective reflection layer 25 is characterized in that it allows circularly-polarized light of the incident light that rotates in a certain direction to pass, while it reflects circularly-polarized light that rotates in the opposite direction. It may be formed as a cholesteric liquid crystal film or the like, for example. The cholesteric liquid crystal film has a helical structure, and, in the case of a cholesteric liquid crystal film with an anticlockwise helical structure, for example, the incident light is separated into circularly-polarized light in the anticlockwise direction and circularly-polarized light in the clockwise direction during it passes through the helical structure, and at the same time, the circularly-polarized light in the anticlockwise direction is reflected and the circularly-polarized light in the clockwise direction is allowed to be transmitted. To the contrary, in the case of a cholesteric liquid crystal with a clockwise helical structure, the circularly-polarized light in the clockwise direction is

reflected and the circularly-polarized light in the anticlockwise direction is allowed to be transmitted. By this, it is possible to take out circularly-polarized light with a necessary optical rotation direction. It is also possible to perform selective reflection in a wide wavelength region, by having the film with different helical pitches in the thickness direction. This cholesteric liquid crystal film can be manufactured by irradiating UV rays over a bifunctional cholesteric monomer and monofunctional nematic monomer to utilize the difference in photo-crosslinking speed. It is desirable that the selective reflection layer 25 indicates selective reflection in a wide wavelength region. However, if it is difficult, a selectively-reflectable wavelength may be set, to comply with the emission spectra of the backlight 3 so that the light from the backlight 3 can be selectively reflected. For example, when a three-wavelength tube is used for the backlight 3, it is sufficient for the selective reflection layer 25 to have selective reflection in the three wavelength.

[0082]

In the liquid crystal display device 1g with the above-described structure, the light coming from the backlight 3 turns into circularly-polarized light with a desired optical rotation direction by passing through the selective reflection layer 25, and enters the liquid crystal cell 21. On the other hand, circularly-polarized light rotating in the opposite direction is reflected at the selective reflection layer 25, and goes back to the backlight 3. Here, the circularly-polarized state of the part of the circularly-polarized light that comes back to the backlight 3 is broken in the inside the backlight 3, and emitted again from the backlight 3 to the selective reflection layer 25. Accordingly, in the liquid crystal display device 1g according to this embodiment, part of the light from the backlight 3 which has been absorbed by the polarizing plate 22a of the liquid crystal display device 1 in Fig. 1 can be utilized again. As a result, the light utilization efficiency of the backlight 3 can be increased, and a lighter liquid crystal display device can be realized.

[0083]

[EFFECT OF THE INVENTION]

As described above, a liquid crystal display device according to the present

invention is equipped with a liquid crystal layer wherein the alignment directions of liquid crystal molecules are controlled so as to be different from each other in a pixel, an analyzer installed on the outgoing light side of the liquid crystal layer, a circularly polarizing means to set the incident light to the liquid crystal layer to an approximately circularly polarized state; and a first retardation layer installed between the liquid crystal layer and analyzer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is approximately 1/4 times that of the transmitted light.

[0084]

As described above, another liquid crystal display device according to the present invention has a structure that has, instead of the above-described liquid crystal layer, a liquid crystal layer indicating radially tilting alignment in which the alignment directions of liquid crystal molecules change continuously.

[0085]

Still another liquid crystal display device according to the present invention has a multi-domain alignment liquid crystal layer to replace the above-described liquid crystal layer, as described above.

[0086]

In a liquid crystal display device with each of the above-described structures, approximately circularly polarized light enters the liquid crystal layer. Accordingly, there is no anisotropy in the alignment direction of the liquid crystal layer, and unless the alignment directions of the liquid crystal molecules and the transmitted light coincide with each other in both the in-plane components and in the direction normal to the substrate, the liquid crystal molecules can provide a phase difference to the transmitted light. Therefore, as a result of controlling the alignment directions of the liquid crystal molecules being different from each other in a pixel to secure a wide viewing angle, they can contribute to the improvement of brightness, as long as the alignment directions of the disturbed liquid crystal molecules and the viewing angle do not coincide with each other, in spite of the fact that the alignment state is likely to be disturbed. As result, a high light utilization efficiency can be secured, and it is possible to improve the contrast ratio as

well as the number of half tones, while maintaining a wide viewing angle.

[0087]

As described above, a liquid crystal display device according to the present invention has a structure, in addition to the above-described structure, in which the circularly polarizing means sets a light with a wavelength of 550 nm to an approximately circularly polarizing state, and the retardation in the in-plane direction is set to a wavelength about a quarter of 550 nm in the first retardation layer.

[0088]

In this structure, approximately circularly-polarized light with a wavelength of 550 nm with which the visibility of human eye is the highest comes in, and the degradation in brightness and generation of rough appearance can be prevented with the wavelength. As a result, it is possible to realize a liquid crystal display device in which the degradation in brightness and the rough appearance are hard to be recognized, when compared with a liquid crystal display device in which approximately circularly-polarized light enters only at the other wavelengths.

[0089]w

As described above, a liquid crystal display device according to the present invention has, in addition to the above-described structure, a structure in which the retardation in the in-plane direction of the first retardation layer is set to a value not less than 95 nm and not more than 175 nm.

[0090]

In the above-described structure, since the retardation is set to a value not less than 95 nm and not more than 175 nm regarding light with a wavelength of 550 nm, the overall degradation in brightness and the degradation in brightness in areas where the alignment is disturbed, if they occur, are limited to about 10% if they occur. As a result, it is possible to realize a liquid crystal display device in which the degradation in brightness and the rough appearance are hard to be recognized, when compared with cases in which the retardation is set to a range outside the above range.

[0091]

As described above, a liquid crystal display device according to the present invention has, in addition to the above-described structure, a structure in which the circularly polarizing means is a selective reflection layer which is installed on the incoming light side of the liquid crystal layer so that the circularly-polarized light in a predetermined optical rotation direction is allowed to be transmitted, and the circularly-polarized light in the opposite optical rotation direction is reflected.

[0092]

Since, in this structure, the circularly-polarized light in the optical rotation direction opposite to the predetermined direction is reflected at the selective reflection layer, it can be reused. It is different from a case in which such light is absorbed by a polarizer. As a result, it is possible to improve the light utilization efficiency, although approximately circularly-polarized light can be used to enter the liquid crystal layer.

[0093]

As described above, a liquid crystal display device according to the present invention has a structure equipped with a polarizer installed on the incident light side of the liquid crystal layer instead of a selective reflection layer, and a second retardation layer installed between the polarizer and liquid crystal layer, wherein the retardation in the in-plane direction is set to be a wavelength that is approximately 1/4 times that of the transmitted light.

[0094]

Since linearly-polarized light coming out of the polarizer is converted to approximately circularly-polarized light by the second retardation layer, also in this structure, it is possible to have approximately circularly-polarized light enter the liquid crystal layer. As a result, it is possible to secure high light utilization efficiency while maintaining a wide viewing angle, and realize the improvement of the contrast ratio and number of half tones.

[0095]

As described above, a liquid crystal display device according to the present invention has, in the above-described structure, a structure wherein the analyzer is

installed on one side of the liquid crystal layer, the polarizer is installed on the other side, the transmission axis of the analyzer is at 45° from the phase delay axis of the first retardation layer, and the transmission axis of the polarizer is at 45° from the phase delay axis of the second retardation layer.

[0096]

In this structure, since the transmission axis of the analyzer is at 45° from the phase delay axis of the first retardation layer, and the transmission axis of the polarizer is at 45° from the phase delay axis of the second retardation layer, it is possible to perform the conversion efficiently from linearly-polarized light to circularly-polarized light and vice versa.

[0097]

As described above, a liquid crystal display device according to the present invention has, in the above-described structure, a structure wherein the analyzer is installed on one side of the liquid crystal layer, the polarizer is installed on the other side, the first and second retardation layers are disposed so that one of the phase delay axes is perpendicular to the other, and the analyzer and polarizer are disposed so that one of the transmission axes is perpendicular to the other.

[0098]

In this structure, the first and second retardation layers are disposed so that one of the phase delay axes is perpendicular to the other. Therefore, the wavelength dispersions of the refractive index anisotropy both retardation layers have cancel each other. As a result, the analyzer absorbs a transmitted light in a wider wavelength range in a black display. By this, it is possible to realize a better black display.

[0099]

As described above, a liquid crystal display device according to the present invention has, in addition to each the above-described structures, a structure equipped with a viewing angle compensation layer installed between layers from the analyzer to polarizer, wherein the refractive index anisotropy is set so that a phase difference provided by the liquid crystal layer that changes depending on the tilting angle between

the direction normal to the first substrate and the viewing angle is cancelled out.

[0100]

In this structure, the phase difference provided by the liquid crystal layer depending on the titling angle of the viewing angle, is cancelled out by the viewing angle compensation layer. Accordingly, it is possible to restrain the viewing angle dependency, and realize a liquid crystal display device having a wider viewing angle with good contrast ratio.

[SIMPLE EXPLANATION OF DRAWINGS]

Fig. 1 illustrates one embodiment of the present invention wherein the principal structure of a liquid crystal display device at no voltage application is schematically shown;

Fig. 2 is a schematic view of the principal structure of the above-described liquid crystal display at a voltage application;

Fig. 3 is a perspective view of a pixel electrode, showing an example of structure of the liquid crystal cell of the above-described liquid crystal display device;

Fig. 4 is a cross-sectional view in the $\alpha - \alpha$ arrow direction, showing the neighborhood of the pixel electrode of the above-described liquid crystal cell;

Fig. 5 is a plan view of a pixel electrode, showing another example of structure of the above-described liquid crystal cell;

Fig. 6 is a view to explain the relationship between the alignment state of liquid crystal molecules at no voltage application as well as the phase delay axis of a $\lambda/4$ plate, and the transmission axis of a polarizing plate, in the above-described liquid crystal display device;

Fig. 7 is a view to explain the relationship between the alignment state of liquid crystal molecules at a voltage application as well as the phase delay axis of a $\lambda/4$ plate, and the transmission axis of a polarizing plate, in the above-described liquid crystal display device;

Fig. 8 is a view to explain an example of display of the above-described liquid crystal display device;

Fig. 9 is a graph showing the transmission intensity of the above-described liquid crystal display device and the transmission intensity of a conventional liquid crystal display device;

Fig. 10 is a graph showing the relationship between the retardation and the transmission rate of a $\lambda/4$ plate;

Fig. 11 is a view explaining the relationship between the phase delay axis of a $\lambda/4$ plate and the transmission axis of a polarizing plate in a modified example of the above-described liquid crystal display device;

Fig. 12 is a schematic view showing the principle structure of a liquid crystal display device which is a modified example of the above-described liquid crystal display device;

Fig. 13 is a perspective view of a pixel electrode, showing still another structural example of the above-described liquid crystal cell;

Fig. 14 is a perspective view of a pixel electrode, showing still another structural example of the above-described liquid crystal cell;

Fig. 15 is a plan view of another structural example of the above-described liquid crystal cell in the neighborhood of a pixel electrode;

Fig. 16 is a plan view of still another structural example of the above-described liquid crystal cell in the neighborhood of a pixel electrode;

Fig. 17 illustrates another embodiment of the present invention wherein the principal structure of a liquid crystal display device is schematically shown;

Fig. 18 is a schematic view of the principal structure of a conventional liquid crystal display device; and

Fig. 19 is a view explaining an example of display of the above-described liquid crystal display device.

[EXPLANATION OF SYMBOLS]

1·1a·1g liquid crystal display device

21a TFT substrate (first substrate)

21b counter substrate (second substrate)

- 31 pixel electrode
- 21c liquid crystal layer
- 22a polarizing plate (polarizer; circularly polarizing means)
- 22b polarizing plate (analyzer)
- 23a $\gamma/4$ plate (second retardation layer; circularly polarizing means)
- 23b $\gamma/4$ plate (first retardation layer)
- 24 viewing angle compensation plate (viewing angle compensation layer)
- 25 selective compensation layer (circularly polarizing means)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-343653

(P2001-343653A)

(43)公開日 平成13年12月14日 (2001.12.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマユート ⁸ (参考)
G 02 F 1/1337	5 0 5	G 02 F 1/1337	5 0 5 2 H 0 4 9
G 02 B 5/30		G 02 B 5/30	2 H 0 9 0
G 02 F 1/13363		G 02 F 1/13363	2 H 0 9 1
G 09 F 9/00	3 1 3	G 09 F 9/00	3 1 3 5 G 4 3 5
	3 2 4		3 2 4

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2000-163248(P2000-163248)

(22)出願日 平成12年5月31日 (2000.5.31)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 久保 真澄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

(72)発明者 萩島 清志

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

(74)代理人 100080034

弁理士 原 謙三

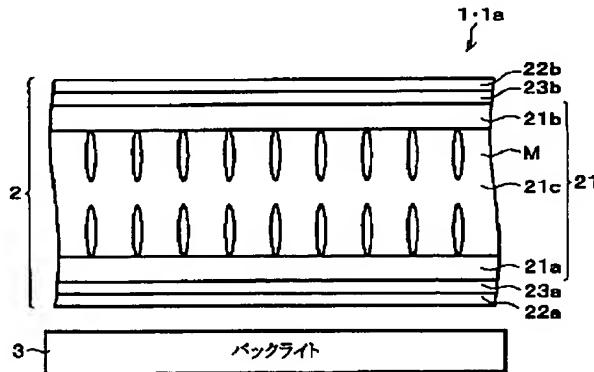
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液晶表示装置

(57)【要約】

【課題】 液晶分子の配向方向が画素中で互いに異なるように制御されている場合であっても、配向乱れが表示に影響せず、表示品位が低下しにくい液晶表示装置を実現する。

【解決手段】 液晶表示装置1において、電圧印加時に配向方向が連続的に変化する放射状傾斜配向を呈する液晶層21には、 $\lambda/4$ 板23aを通過した円偏光が入射される。この結果、液晶分子の配向状態が乱れたとしても、液晶分子の配向方向および視角が面内成分だけではなく基板法線成分も一致しない限り、当該液晶分子は、表示に寄与できる。これにより、広視野角確保のためには、液晶分子の配向方向が画素中で互いに異なるように制御される液晶層を用いた結果、画素電極のエッジ領域だけではなく、ドメインの境界領域が存在しているにも拘らず、ザラツキがなく、表示品位の高い液晶表示装置1を実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】画素に対応する画素電極が設けられた第1基板と、

対向電極が設けられた第2基板と、

当該両基板間に設けられ、上記画素電極と対向電極との間の電圧が、少なくとも予め定められる値の場合に、液晶分子の配向方向が画素中で互いに異なるように制御される液晶層と、

上記液晶層の出射側に配された検光子と、

上記液晶層への入射光を略円偏光状態に設定する円偏光手段と、

上記液晶層と検光子との間に設けられ、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第1位相差層とを備えていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】画素に対応する画素電極が設けられた第1基板と、

対向電極が設けられた第2基板と、

当該両基板間に設けられ、上記画素電極と対向電極との間の電圧が、少なくとも予め定められる値の場合に、液晶分子の配向方向が連続的に変化する放射状傾斜配向を呈する液晶層と、

上記液晶層の出射側に配された検光子と、

上記液晶層への入射光を略円偏光状態に設定する円偏光手段と、

上記液晶層と検光子との間に設けられ、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第1位相差層とを備えていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項3】画素に対応する画素電極が設けられた第1基板と、

対向電極が設けられた第2基板と、

当該両基板間に設けられ、上記画素電極と対向電極との間の電圧が、少なくとも予め定められる値の場合に、液晶分子の配向方向がマルチドメイン配向する液晶層と、

上記液晶層の出射側に配された検光子と、

上記液晶層への入射光を略円偏光状態に設定する円偏光手段と、

上記液晶層と検光子との間に設けられ、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第1位相差層とを備えていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項4】上記円偏光手段は、550nmの波長の光を略円偏光状態に設定すると共に、

上記第1位相差層は、面内方向のリターデーションが、550nmの略4分の1に設定されていることを特徴とする請求項1、2または3記載の液晶表示装置。

【請求項5】上記リターデーションは、95nm以上、175nm以下に設定されていることを特徴とする請求項4記載の液晶表示装置。

【請求項6】上記円偏光手段は、上記液晶層の入射側に設けられ、予め定める旋回方向の円偏光を透過させると共に、逆方向に旋回する円偏光を反射する選択反射層であることを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載の液晶表示装置。

【請求項7】上記円偏光手段は、上記液晶層の入射側に設けられた偏光子と、

当該偏光子および液晶層の間に配され、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第2位相差層とを備えていることを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載の液晶表示装置。

【請求項8】上記検光子は、上記液晶層の一方に配され、上記偏光子は、他方に配されていると共に、上記検光子の透過軸と第1位相差層の遅相軸とが45度の角度をなし、

しかも、上記偏光子の透過軸と第2位相差層の遅相軸とが45度の角度をなすように、上記検光子、偏光子並びに第1および第2位相差層が配されていることを特徴とする請求項7記載の液晶表示装置。

【請求項9】上記検光子は、上記液晶層の一方に配され、上記偏光子は、他方に配されていると共に、上記第1および第2位相差層は、それぞれの遅相軸が互いに直交するように配され、

上記検光子および偏光子は、それぞれの透過軸が互いに直交するように配されていることを特徴とする請求項7記載の液晶表示装置。

【請求項10】上記検光子から偏光子までの間に設けられ、上記液晶層が付与する位相差のうち、上記第1基板の法線方向から視角までの傾斜角度に応じて変動する位相差を打ち消すように、屈折率異方性が設定された視角補償層を備えていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8または9記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、放射状傾斜配向やマルチドメイン配向など、液晶分子の配向方向が画素中で互いに異なるように制御された液晶表示装置に関し、特に、配向状態の乱れなどに起因するザラツキを抑制して表示品位を向上可能な液晶表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、ノートパソコンやワードプロセッサなどの表示画面として用いられている液晶表示装置では、液晶の光学異方性のため、CRTなどの表示装置に比べて、視野角が狭く、斜めから見た場合の表示品位が低下しがちである。したがって、例えば、特開平11-258605号公報や特開平11-109391号公報では、液晶の配向方向に複数の領域を形成する、いわゆるマルチドメイン方式が提案されている。

【0003】マルチドメイン方式の液晶表示装置の一例

として、垂直配向膜と負の誘電異方性を持つ液晶を用いた垂直配向モードの液晶表示装置で、マルチドメイン化した構成について説明すると、電圧無印加状態では、液晶分子が垂直方向に配向している。この状態の液晶層に、偏光板から直線偏光が入射されると、液晶層が複屈折異方性を殆ど持たないので、偏光状態を維持したままの直線偏光が反射され、液晶層の反対側に配された偏光板で吸収される。この結果、液晶表示装置は、黒表示できる。

【0004】これとは逆に、電圧が印加されると、図18に示すように、液晶表示装置101の液晶層121cでは、印加電圧に応じて液晶分子Mが傾斜する。なお、同図では、液晶分子Mの配向方向が連続的に変化する放射状傾斜配向の場合を示しており、同一画素内であっても、液晶分子Mの配向方向は、放射状傾斜の中心軸Aを中心に、一方の領域A101と他方の領域A102とで、互いに異なっている。この状態で、偏光板122aから液晶層121cへ直線偏光が入射されると、液晶層121cは、透過光に位相差を与えることができ、透過光の偏光状態を変更できる。したがって、液晶セル121からの出射光は、一般には、楕円偏光に変化する。

【0005】当該楕円偏光が、液晶セル121の出射側に配された偏光板122bへ入射されると、電圧無印加時とは異なり、液晶層121cで与えられた位相差に応じた光量が透過する。したがって、液晶層121cへ印加する電圧を制御して、液晶分子Mの配向方向を調整することで、液晶表示装置101の出射光量を変更でき、階調表示が可能となる。

【0006】ここで、上記液晶表示装置101では、1画素中であっても液晶分子Mの配向方向が互いに異なっているので、斜めから見ることで、ある液晶分子Mを透過した光の出射光量が減少したとしても、当該液晶分子Mとは配向方向が異なる他の液晶分子Mの中には、出射光量を増加させるものも存在する。この結果、配向方向が互いに異なる液晶分子Mが存在する領域同士が、互いに光学的に補償し合い、斜めから見た場合の表示品位を改善し、視野角を拡大できる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記構成の液晶表示装置101のように、画素内の配向方向を別個に制御しようとすると、配向乱れが発生しやすい。したがって、例えば、ソース信号線やゲート信号線などからの外部電界など、単一の配向方向の場合には問題にならなかったような僅かな要因によっても配向乱れが発生する。ここで、配向乱れによって、配向乱れの発生した箇所が暗くなると、配向乱れが箇所毎や画素毎に異なっているため、表示にザラツキが観測され、表示品位を低下させるという問題を生ずる。

【0008】また、単一配向の場合に比べて配向方向が互いに異なるように制御されている場合、2枚の偏光板

のものでは、図19に示すように、必ず消光する方位が存在するので、全ての箇所で予定した透過率を維持する場合に比べて、画素全体の輝度も低下してしまう。この結果、液晶表示装置の光利用効率(実効開口率)も低下してしまう。

【0009】ここで、液晶表示装置の解像度や階調数は、年々、向上しており、1画素の面積が小さくなつても、より多くの階調を表示可能な液晶表示装置が求められている。ところが、上記配向乱れによって実効開口率が低下すると、白表示時の輝度が低下して階調数の向上が困難になってしまう。なお、画素面積を拡大すると輝度を向上できるが、解像度の向上が難しくなる。

【0010】本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、液晶分子の配向方向が画素中で互いに異なるように制御されている場合であっても、配向乱れが表示に影響せず、表示品位が低下しにくい液晶表示装置を実現することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明に係る液晶表示装置は、上記課題を解決するために、画素に対応する画素電極が設けられた第1基板と、対向電極が設けられた第2基板と、当該両基板間に設けられ、上記画素電極と対向電極との間の電圧が、少なくとも予め定められる値の場合に、液晶分子の配向方向が画素中で互いに異なるように制御される液晶層と、上記液晶層の出射側に配された検光子と、上記液晶層への入射光を略円偏光状態に設定する円偏光手段と、上記液晶層と検光子との間に設けられ、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第1位相差層とを備えていることを特徴としている。

【0012】また、本発明に係る他の液晶表示装置は、上記課題を解決するために、画素に対応する画素電極が設けられた第1基板と、対向電極が設けられた第2基板と、当該両基板間に設けられ、上記画素電極と対向電極との間の電圧が、少なくとも予め定められる値の場合に、液晶分子の配向方向が連続的に変化する放射状傾斜配向を呈する液晶層と、上記液晶層の出射側に配された検光子と、上記液晶層への入射光を略円偏光状態に設定する円偏光手段と、上記液晶層と検光子との間に設けられ、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第1位相差層とを備えていることを特徴としている。

【0013】さらに、本発明に係るさらに他の液晶表示装置は、上記課題を解決するために、マルチドメイン配向の液晶層と、上記液晶層の出射側に配された検光子と、上記液晶層への入射光を略円偏光状態に設定する円偏光手段と、上記液晶層と検光子との間に設けられ、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第1位相差層とを備えていることを特徴としている。

【0014】なお、上記各構成の液晶表示装置では、透過型の液晶表示装置のように、液晶表示装置の入射側と出射側とが反対方向であってもよいし、反射型の液晶表示装置のように、出射側と入射側とが同じであってもよい。

【0015】上記各構成の液晶表示装置では、液晶層には、略円偏光が入射され、液晶層から出射した光は、第1位相差層によって、4分の1波長の位相差が与えられた後、検光子に入射される。

【0016】上記液晶層の液晶分子が基板法線方向（垂直）に配向していると、液晶層は、透過光に位相差を与えることができない。この結果、透過光は、略円偏光を維持したまま、出射される。当該出射光は、第1位相差層で直線偏光に変換された後、検光子へ入力され、透過が制限される。この結果、液晶表示装置は、黒表示できる。一方、電圧印加時、あるいは、電圧無印加時の初期配向状態など、画素電極と対向電極との間の電圧が所定の電圧の場合には、液晶分子の配向方向が画素中で互いに異なるように制御される。この状態では、液晶層は、配向状態に応じた位相差を透過光に与えるので、円偏光は、梢円偏光に変換される。したがって、第1位相差層を透過しても直線偏光には戻らず、第1位相差層の出射光の一部が検光子から出射される。これらの結果、印加電圧に応じて検光子からの出射光量を制御でき、階調表示が可能となる。

【0017】また、液晶分子の配向方向が画素中で互いに異なるので、配向方向の互いに異なる液晶分子が存在する領域同士が、互いに光学的に補償し合うことができる。この結果、斜めから見た場合の表示品位を改善し、視野角を拡大できる。

【0018】ここで、上記液晶層では、広視野角確保のために液晶分子の配向方向を画素中で互いに異なるように制御した結果、配向状態の乱れが発生しやすい。したがって、液晶層に直線偏光が入射され、液晶層の出射光が検光子に入射される従来の液晶表示装置の場合は、液晶分子の配向に乱れが発生して、配向方向の面内成分が、検光子の吸収軸と一致すると、基板法線方向成分に拘らず、当該液晶分子は、透過光に位相差を与えることができなくなってしまう。ここで、配向状態の乱れ方は、画素同士でも異なり、同じ画素内であっても場所によって異なるので、ザラツキが発生してしまう。また、配向方向の面内成分が検光子の吸収軸と一致した液晶分子が明るさ向上に寄与できないので、光利用効率（実効開口率）が低下する。これらの結果、コントラスト比の確保が難しくなり、階調数の増加も困難になってしまう。

【0019】これに対して、本発明に係る液晶表示装置では、略円偏光が液晶層に入射されるので、液晶層の配向方向についての異方性がなくなり、液晶分子の配向方向と透過光とが、面内成分と基板法線方向との双方で一

致していない限り、液晶分子は、透過光に位相差を与えることができる。したがって、広視野角確保のために液晶分子の配向方向を画素中で互いに異なるように制御した結果、配向状態の乱れが発生しやすいにも拘らず、配向が乱れた液晶分子の配向方向が視角と一致していない限り、明るさ向上に寄与できる。この結果、広い視野角を保ちながら、高い光利川効率を確保でき、コントラスト比の向上と階調数の増加とを実現できる。

【0020】また、上記構成に加えて、上記円偏光手段は、550nmの波長の光を略円偏光状態に設定すると共に、上記第1位相差層は、面内方向のリターデーションが、550nmの略4分の1に設定されている方が好ましい。

【0021】当該構成では、人間の視感度が最も高い550nmの波長について、略円偏光が入射され、当該波長の光について、明るさ低下とザラツキの発生を防止できる。この結果、他の波長のみで、略円偏光を入射する場合に比べて、明るさ低下やザラツキが視認しにくい液晶表示装置を実現できる。

【0022】なお、上記円偏光手段は、円偏光を入射できればよいが、上記明るさ低下やザラツキの発生が目立たない程度に略円偏光を入射できればよい。また、第1位相差層のリターデーションも、透過光の4分の1波長に完全に一致すればよいが、上記明るさ低下やザラツキの発生が目立たない程度に略4分の1波長であればよい。

【0023】具体的には、550nmの波長の光を基準に設定される場合、上記第1位相差層の面内方向のリターデーションは、95nm以上、175nm以下に設定されている方が好ましい。

【0024】上記構成では、リターデーションが95nm以上、175nm以下に設定されているので、明るさが低下したとしても、一般的な明るさの低下および配向乱れの領域における明るさの低下は、10%程度に抑えられる。この結果、他の範囲に設定する場合に比べて、明るさ低下およびザラツキが視認しにくい液晶表示装置を実現できる。

【0025】また、上記構成に加えて、上記円偏光手段は、上記液晶層の入射側に設けられ、予め定める旋回方向の円偏光を透過させると共に、逆方向に旋回する円偏光を反射する選択反射層である方が望ましい。

【0026】当該構成では、選択反射層への入射光のうち、予め定める旋回方向の円偏光は、選択反射層を透過する。一方、当該方向とは逆方向に旋回する円偏光は、選択反射層にて反射されるので、偏光子で吸収される場合とは異なり、例えば、バックライト光源に戻されるなどして、再利用できる。この結果、液晶層へ略円偏光を入射できるにも拘らず、光の利用効率を向上できる。

【0027】一方、円偏光手段として、選択反射層を用いる代わりに、上記円偏光手段は、上記液晶層の入射側

に設けられた偏光子と、当該偏光子および液晶層の間に配され、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第2位相差層とを備えていてもよい。この場合であっても、偏光子を出射する直線偏光が、第2位相差層で略円偏光に変換されるので、液晶層へ略円偏光を入射できる。なお、液晶表示装置の入射側と山射側とは、同じ側であっても反対側であってもよいが、同じ側の場合は、検光子および偏光子、あるいは、第1および第2位相差層を共用できる。

【0028】さらに、上記構成に加えて、上記検光子は、上記液晶層の一方に配され、上記偏光子は、他方に配されていると共に、上記検光子の透過軸と第1位相差層の遅相軸とが45度の角度をなし、しかも、上記偏光子の透過軸と第2位相差層の遅相軸とが45度の角度をなすように、上記検光子、偏光子並びに第1および第2位相差層が配されている方が望ましい。

【0029】当該構成では、上記検光子の透過軸と第1位相差層の遅相軸とが45度の角度をなし、しかも、上記偏光子の透過軸と第2位相差層の遅相軸とが45度の角度をなしているので、効率よく、直線偏光と円偏光とを相互変換できる。

【0030】また、第1および第2位相差層を備える構成の場合、上記検光子は、上記液晶層の一方に配され、上記偏光子は、他方に配されていると共に、上記第1および第2位相差層は、それぞれの遅相軸が互いに直交するように配され、上記検光子および偏光子は、それぞれの透過軸が互いに直交するように配する方が望ましい。

【0031】上記構成では、第1および第2位相差層の遅相軸が互いに直交するように配されている。したがって、両位相差層が有する屈折率異方性の波長分散は、互いに相殺される。この結果、黒表示状態において、より広い波長範囲の透過光が検光子によって吸収される。これにより、さらに良好な黒表示を実現できる。

【0032】さらに、いずれの構成であっても、上記検光子から偏光子までの間に設けられ、上記液晶層が付与する位相差のうち、上記第1基板の法線方向から視角までの傾斜角度に応じて変動する位相差を打ち消すように、屈折率異方性が設定された視角補償層を備えている方が望ましい。

【0033】当該構成では、視角の傾斜角度によって、液晶層が付与する位相差が、視角補償層で相殺される。したがって、視角の依存性を抑制でき、より広い視角範囲で良好なコントラスト比を有する液晶表示装置を実現できる。

【0034】

【発明の実施の形態】〔第1の実施形態〕本発明の一実施形態について図1ないし図16に基づいて説明すると以下の通りである。例えば、配向方向が一定ではない液晶層として、電圧無印加時には、基板に垂直に配向し、電圧印加時には、配向方向が連続的に変化する放射状傾

斜配向を呈する液晶層を例にすると、本実施形態に係る液晶表示装置1の液晶パネル2は、図1に示すように、TFT (Thin Film Transistor) 基板21a、対向基板21bおよび両基板21a・21bで挟持された上記液晶層21cを含む液晶セル21と、液晶セル21の両側に配された偏光板22a・22bと、上記TFT基板21a側の偏光板22aおよび液晶セル21の間に配されたλ/4板(第2位相差層)23aと、上記対向基板21b側の偏光板22bおよび液晶層21cの間に配されたλ/4板23b(第1位相差層)とを備えている。なお、上記両基板21aおよび21bが、特許請求の範囲に記載の第1および第2基板に対応する。また、偏光板22aが偏光子に対応し、偏光板22bが検光子に対応する。

【0035】上記液晶セル21は、垂直配向(VA)方式の液晶セルであって、ITO (Indium Tin Oxide)などで形成された画素電極31(後述)と図示しない薄膜トランジスタ素子とをマトリクス状に配列したTFT基板21a、および、対向電極を有する対向基板21bに、図示しない垂直配向膜を塗布した後、両基板21a・21bを貼り合わせ、さらに、両基板21a・21bの間隙に負の誘電率異方性を有する液晶層21cを封入するなどして作成される。これにより、電圧無印加時には、図1に示すように、液晶層21cの液晶分子Mが略垂直に配向すると共に、電圧印加時には、図2に示すように、液晶分子が傾斜して水平に配向できる。

【0036】さらに、本実施形態に係る液晶セル21cでは、図3に示すように、TFT基板21aに設けられた各画素電極31上に、円形の穴部32が形成された樹脂32aが設けられている。穴部32の壁面Hは、図4に示すように、傾斜しており、壁面Hの近傍では、液晶分子Mは、壁面Hの表面に垂直になるように配向する。加えて、電圧印加時において、壁面H近傍の電界は、壁面Hの表面に平行になる方向に傾く。これらの結果、電圧印加時に液晶分子Mが傾斜する際、図3にて矢印で示すように、液晶分子Mは、面内方向で穴部32の中心を中心とした放射状に傾きやすくなり、液晶層21cの各液晶分子Mは、放射状に傾斜配向できる。また、印加電圧がさらに増加すると、基板法線方向に対する傾斜角が大きくなり、各液晶分子Mは、表示画面に略平行で、しかも、面内では放射状に配向する。なお、上記穴部32が形成された樹脂32aは、上記TFT基板21a上に、光感性樹脂を塗布し、フォトリソグラフィー工程で加工することで形成できる。

【0037】また、例えば、画素ピッチが大きくなった場合、画素電極31に1つずつ穴部32を設けただけでは、穴部32の中心領域の配向規制力が弱まり、配向が不安定になる虞れがある。したがって、中心領域の配向規制力が不足する場合には、図5に示すように、各画素電極31上に複数の穴部32を設ける方が望ましい。な

お、図中、33は、ソース配線であり、34は、ゲート配線を示している。

【0038】一方、図1に示す上記 $\lambda/4$ 板23a・23bは、例えば、一軸延伸した高分子フィルムなど、複屈折異方性を有する素材から形成され、常光線と異常光線との光路差が入射光の4分の1波長になるように厚み(基板法線方向の長さ)が設定されている。これにより、遅相軸に対して45度の偏光方向を有する直線偏光を円偏光に変換できる。また、円偏光が入射された場合、 $\lambda/4$ 板23a(23b)の遅相軸に対して、45度の偏光方向を有する直線偏光に変換できる。なお、液晶層21cを形成する際、カイラル剤を添加して軸対称配向させている場合には、液晶層21cにツイスト角が発生する。したがって、この場合は、液晶層21cのツイスト角を考慮し、 $\lambda/4$ 板23a(23b)の光路差を、4分の1波長からズラす方が望ましい。

【0039】また、本実施形態に係る液晶パネル2では、偏光板22a(22b)の透過軸PAa(PAb)、並びに、 $\lambda/4$ 板23a(23b)の遅相軸SLa(SLb)は、図6に示すような方向に設定されている。具体的には、 $\lambda/4$ 板23aの遅相軸SLaは、偏光板22aの透過軸PAaと45度の角度をなすように配される。また、 $\lambda/4$ 板23bの遅相軸SLbは、上記遅相軸SLaおよび透過軸PAaの角度を設定したときと同じ方向に、偏光板22bの透過軸PAbと45度をなすように配置されている。なお、図6では、一例として、対向基板21b側から基板法線方向に沿って見たとき、右回りに45度となる場合を図示している。また、同図では、電圧無印加時を示しており、液晶分子Mが略垂直に配向している。

【0040】さらに、本実施形態に係る液晶表示装置1では、図1に示すように、液晶パネル2の両面のうちの一方には、液晶表示装置1の光源となるバックライト3が配されている。なお、図1の例では、TFT基板21a側にバックライト3を配した場合を図示している。

【0041】上記構成では、画素電極31と図示しない対向電極との間に電圧を印加していない間、図1に示すように、液晶層21cの液晶分子Mは、穴部32の壁面H近傍の少数分子を除いて、垂直配向状態にある。この状態(電圧無印加時)において、バックライト3から液晶パネル2へ入射した光は、偏光板22aを通り、偏光方向が $\lambda/4$ 板23aの遅相軸SLaに対して45度の直線偏光となる。さらに、当該直線偏光は、 $\lambda/4$ 板23aを通過することで、円偏光に変換される。

【0042】ここで、液晶分子Mは、配向方向に平行な方向に入射する光に位相差を与えない。したがって、液晶層21cは、バックライト3から液晶層21cへ垂直に入射した光へ位相差を与えることができず、殆ど複屈折性を持たない。

【0043】この結果、 $\lambda/4$ 板23aを出射した円偏

光は、偏光状態を維持したままで液晶層21cを通過し、 $\lambda/4$ 板23bへ入射される。円偏光が $\lambda/4$ 板23bを通過すると、当該円偏光は、偏光方向が $\lambda/4$ 板23bの遅相軸SLbに対して45度の方向、すなわち、偏光板22bの透過軸PAbに直交する方向の直線偏光に変換される。したがって、当該直線偏光は、偏光板22bで吸収され、液晶表示装置1は、電圧無印加状態で黒表示できる。

【0044】これに対して、上記画素電極31と対向電極との間に電圧を印加すると、液晶層21cの液晶分子Mは、図2および図7に示すように、放射状に傾斜配向する。この状態であっても、バックライト3から液晶セル21までは、電圧無印加時と同様に偏光状態が変換され、液晶層21cには、円偏光が入射される。

【0045】ただし、電圧印加時には、液晶分子Mの配向方向が変化して、放射状に傾斜配向している。ここで、液晶分子Mは、配向方向に平行な方向に入射する光には位相差を与えないが、配向方向と入射方向とが異なっている場合には、両者の角度に応じた位相差を透過光へ与えることができる。

【0046】この結果、液晶セル21へ垂直に入射する光の場合、例えば、穴部32の中心領域など、液晶分子Mが基板法線方向に配向している僅かな領域を除いて、液晶層21cは、透過光に位相差を与えることができ、透過光の偏光状態を変更できる。したがって、液晶セル21からの出射光は、一般には、楕円偏光に変化する。この楕円偏光は、 $\lambda/4$ 板23bを通過しても、電圧無印加時とは異なり、直線偏光にならない。したがって、液晶セル21から $\lambda/4$ 板23bを介して偏光板22bへ与えられる光のうち、一部は、偏光板22bを透過できる。ここで、偏光板22bを透過する偏光の量は、液晶層21cが与える位相差の大きさに依存する。したがって、液晶層21cへ印加する電圧を制御して、液晶分子Mの配向方向を調整することで、液晶表示装置1の出射光量を変更でき、階調表示が可能となる。

【0047】上記構成では、液晶層21cが放射状に傾斜配向する。したがって、面内成分が互いに異なる方向(面内方位)から液晶パネル2を見たとしても、ある画素の表示に関連する液晶分子M全体では、透過光に与える位相差が略同じになる。この結果、ある画素の表示に関連する全液晶分子Mが单一の特定方向に傾斜配向する場合に比べて、広い視野角を確保できる。

【0048】ここで、図18に示す液晶表示装置101のように、広い視野角を確保するために、液晶層121cが放射状に傾斜配向する構成であっても、液晶層121cに直線偏光が入射される構成の場合には、配向方向の面内成分が、直線偏光の向きと一致する方向に傾斜配向する液晶分子群が存在する。ここで、これらの液晶分子群は、配向方向の法線方向成分に拘らず、透過光に位相差を与えることができないので、当該液晶分子群を透

過した光は、垂直配向時と同様に出射側の偏光板122bで吸収されてしまう。

【0049】この結果、穴部32の中心位置を中心に、直線偏光の方向に沿った領域、および、それに垂直な方向に沿った領域の透過率が低下してしまう。さらに、例えば、図19に示すように、画素電極31のエッジ領域では、外部電界などの影響を受けて液晶分子Mの配向が乱れると共に、配向の乱れ方が場所によって異なるので、ザラツキとして視認されてしまう。

【0050】これに対して、本実施形態の構成では、液晶セル21に円偏光が入射されているので、放射状に傾斜配向によって広い視野角を確保しているにも拘らず、透過光に位相差を与えることのできない液晶分子Mは、正面から見た場合、基板面に対して垂直に配向している液晶分子Mのみである。また、斜めから見た場合は、視角方向と同一の方向に配向している液晶分子Mのみである。この結果、寄与できない液晶分子数が少なくなり、面内成分および法線方向成分の双方で視角と同一でなければ、位相差を与えることができる。したがって、影が表示される領域は、図8に示すように、穴部32の中心位置と、互いに隣接する穴部32・32の中間位置とのみとなり、画素電極31のエッジ領域においても、影が表示される領域を大幅に縮小できる。さらに、影が視認されるか否かに拘らず、透過光に位相差を与えることのできる液晶分子Mの数が多くなる。これらの結果、図9に示すように、本実施形態に係る液晶表示装置1の透過強度T1は、直線偏光が入射される従来の液晶表示装置101の透過強度T101よりも高くなり、光利川効率(実効開口率)および輝度を向上できる。なお、図9では、各液晶表示装置1・101の液晶層への印加電圧

〔V〕を横軸にして、液晶表示装置における理論上の最大透過率(空気の透過率の50%)に対する、それぞれの透過率の比率(透過強度)を図示している。

【0051】なお、上記では、入射光が円偏光となるように、 $\lambda/4$ 板23a・23bのリターデーションを設定しているが、完全に円偏光でなくとも、明るさが余り低下せず、ザラツキが発生しない程度のズレであれば、略円偏光の楕円偏光でもよい。具体的には、例えば、図1の構成で、 $\lambda/4$ 板23a・23bのリターデーションを変化させながら、最も視感度の高い波長(550nm)における透過率を測定(シミュレーション)すると、図10に示すようになる。ここで、明るさの変化率が10%以内であれば、すなわち、透過率が0.9以上であれば、明るさの低下が観察者に認識されにくく、ザラツキも視認されにくい。したがって、 $\lambda/4$ 板23a・23bのリターデーションは、550nm付近の光に対して、135nmであれば、最適であり、95nm以上かつ175nm以内の範囲であれば、完全に円偏光でなくとも、同様の効果が得られる。なお、上記範囲を外れると、明るさが急激に低下すると共に、配向不良領域

に起因するザラツキが観察されやすくなる。

【0052】ところで、上記 $\lambda/4$ 板23a・23bは、最も視感度の高い波長で円偏光または円偏光に近い楕円偏光と直線偏光とを相互に変換できれば、すなわち、当該波長で、上記数値範囲程度に略 $\lambda/4$ 条件を満たしていれば、明るさ向上とザラツキ防止とに効果があるが、特に、色調を重視する表示を行う場合などには、可視光帯域全域に渡って、円偏光または円偏光に近い楕円偏光と直線偏光とを相互に変換できる方が好ましい。

10 ただし、一般に単層の $\lambda/4$ 板23a・23bでは、波長分散を完全に無くすことが難しいので。例えば、 $\lambda/4$ 板23a・23bとして、視感度が最も高い波長(550nm)の光に対して、 $\lambda/4$ 条件を満たすように作成された $\lambda/4$ 板を使用すると、光の波長が550nmからズレると従って、 $\lambda/4$ 条件から外れてしまう。この結果、黒表示を実現するため、550nmの光が遮光される値に印加電圧を設定したとしても、550nmからズレた可視光が偏光板22bを通過して色付き現象が発生する虞れがある。

20 【0053】したがって、カラー表示する場合など、色付き現象の抑制が求められる場合には、図11に示すように、偏光板22aの透過軸PAaと偏光板22bの透過軸PAbとを互いに直交させ、かつ、 $\lambda/4$ 板23aの遅相軸SLaと $\lambda/4$ 板23bの遅相軸SLbとを互いに直交させる方が望ましい。なお、透過軸PAaと遅相軸SLaとの角度、および、透過軸PAbと遅相軸SLbとの角度は、図6と同様に、同一方向に45度に設定される。

【0054】当該変形例に係る液晶表示装置1aでは、 $\lambda/4$ 板23aの遅相軸SLaと $\lambda/4$ 板23bの遅相軸SLbとが互いに直交しているので、 $\lambda/4$ 板23aおよび23bのそれぞれが有する屈折率異方性の波長分散が、互いに相殺し合う。この結果、黒表示状態において、より広い波長範囲の透過光を偏光板22bが吸収でき、色付きのない良好な黒表示を実現できる。

【0055】なお、両 $\lambda/4$ 板23a・23bを、互いに異なる材料の $\lambda/4$ 板で形成してもよいが、少なくとも同一材料、できれば、同一の製造方法で製造された $\lambda/4$ 板を使用する方が、広帯域 $\lambda/4$ 板を用いるよりも安価に、色付きのない液晶表示装置を実現できる。

【0056】ところで、上述の説明では、黒表示の際、液晶層21cに垂直に光が入射する場合について説明した。ところが、特に、透過型の液晶表示装置1では、垂直の入射光が最も表示に寄与するものの、液晶層21cに対して斜め方向(液晶表示装置1の表示面法線方向から傾斜した方向)から入射する光も表示に寄与する。ここで、斜めの入射光は、垂直配向状態の液晶層21cによっても位相差が与えられる。したがって、液晶表示装置1の表示面を斜めから見たとき、本来、黒表示状態であるべき垂直配向状態であるにも拘らず、光漏れが発生

し、表示のコントラスト比が低下する虞れがある。

【0057】したがって、斜め方向でのコントラスト比の向上が求められる場合には、図12に示す液晶表示装置1bのように、斜め入射光に対する位相差を相殺するように屈折率異方性が設定された位相差板からなる視角補償板（視角補償層）24を、さらに設ける方が望ましい。なお、図12では、一例として、 TFT基板21aの外側（液晶層21cから最も遠い側）に、単一の位相差板からなる視角補償板24を設けた場合を例示しているが、これに限るものではなく、複数の位相差板を積層して視角補償板24を形成してもよい。また、視角補償板24を設ける位置も、TFT基板21aの外側に限るものではなく、対向基板21bの外側であってもよいし、両基板21a・21bの外側に、それぞれ設けてよい。

【0058】いずれの場合であっても、視角補償板24による位相差の合計が、斜め入射光に対する位相差を相殺するように設定されているので、斜め方向における上記光漏れを抑制でき、コントラスト比を向上できる。これにより、あらゆる視角範囲で良好なコントラスト比を有する液晶表示装置を実現できる。

【0059】ところで、上記では、穴部32によって、放射状傾斜配向を実現したが、これに限るものではない。例えば、図13に示す液晶表示装置1cのように、穴部32の代わりに、画素電極31に略半球状の突起35を設けても、放射状傾斜配向を実現できる。この場合でも、突起35近傍の液晶分子Mは、突起35の表面に垂直に配向すると共に、電圧印加時において、突起35の近傍部分の電界は、突起35の表面に平行になる方向に傾く。これにより、液晶分子Mは、図3の構成と同様に、図中矢印で示すように、面内方向で突起35を中心とした放射状に傾きやすくなり、液晶層21cの各液晶分子Mは、放射状に傾斜配向できる。なお、各突起35は、光感応性樹脂を塗布し、フォトリソグラフィー工程で加工することで形成できる。

【0060】また、上記では、電圧印加時に、液晶層21cの各液晶分子Mが傾斜して、それぞれの液晶分子Mの配向方向が互いに連続的に変化した放射状を呈する場合を例にして説明したが、これに限るものではない。図14ないし図16に示すように、液晶層を複数のドメインに分割し、電圧印加時における配向方向が互いにことなる構成（マルチドメイン配向）の液晶層を用いても効果がある。

【0061】例えば、図14に示す液晶表示装置1dでは、図13に示す半球状の突起35に代えて、四角錐状の突起35aが画素電極31に形成されている。この構成でも、突起35aの近傍では、液晶分子Mが各斜面に垂直になるように配向する。加えて、電圧印加時において、突起35aの部分の電界は、突起35aの斜面に平行になる方向に傾く。これらの結果、電圧印加時において、

て、液晶分子Mの配向角度の面内成分は、最も近い斜面の法線方向の面内成分（方向P1、P2、P3またはP4）と等しくなる。したがって、画素領域は、傾斜時の配向方向が互いに異なる、4つのドメインD1～D4に分割される。この結果、あるドメイン側から液晶表示装置1dを見た場合、当該ドメインの透過率が低下したとしても、残余のドメインの透過率は低下せず、全体的な透過率の低下を抑制できる。これにより、液晶表示装置1dの明るさは、視角の面内方位に依存しにくくなる。

【0062】ここで、4分割のマルチドメイン配向では、配向方向の面内成分が限定されている。したがって、上述の放射状傾斜配向の場合と異なり、直線偏光を入射する場合であっても、上記方向P1～P4と直線偏光の方向との角度が45度になるように設定することで、透過光に位相差を与えることのできない液晶分子数を削減できる。

【0063】ところが、このように設定したとしても、ドメイン間の境界領域B12、B23、B34またはB41、あるいは、画素電極31のうち、外周のエッジ領域では、液晶分子Mの配向状態が乱れやすいので、配向状態の乱れによって、直線偏光の方向と配向方向の面内成分とが一致し、透過光に位相差を与えることのできない液晶分子数が増大する虞れがある。

【0064】具体的には、境界領域では、液晶分子Mが両側のドメインに存在する液晶分子Mに支えられるように配向しているので、液晶分子Mの配向が固定されず、不安定な状態にある。この結果、ちょっとしたきっかけで、両側のドメインからの配向規制力のバランスが崩れると、境界領域の配向状態が変化（傾斜）してしまう。ここで、バランスは、製造工程における配向規制力の僅かなバラツキだけではなく、ゲート信号線やソース信号線に印加される電圧による横方向電界や経時劣化などによっても変化する。したがって、配向状態の変化は、境界領域内の各部分毎に異なるだけではなく、各画素毎でも異なっている。この結果、直線偏光を入射すると、ザラツキとなって視認される虞れがある。

【0065】また、エッジ領域では、配向状態が連続的に変化しており、画素電極31の中央部に比べて、例えば、ソース信号線やゲート信号線からの電界など、外部の電界の影響を受けやすい。また、壁構造で配向を制御している場合には、立体的なひずみを受けやすい。このように、エッジ領域では、周囲の影響を受けやすいため、配向規制力が不均一になりやすく、液晶分子の配向状態が変化（傾斜）しやすい。この配向状態の変化も、境界領域内の各部分毎に異なるだけではなく、各画素毎でも異なっている。この結果、マルチドメイン構成の液晶層に直線偏光を入射すると、配向状態の乱れが、ザラツキとなって視認される虞れがある。

【0066】これに対して、本実施形態では、λ/4板23aによって、マルチドメイン配向の液晶セルに凹偏

光が入射される。この結果、液晶分子Mの配向状態が乱れたとしても、放射状傾斜配向の場合と同様に、液晶分子Mの配向方向および視角が面内成分だけではなく基板法線成分も一致しない限り、当該液晶分子Mは、表示に寄与できる。これにより、広視野角確保のためにマルチドメイン配向の液晶層を用いた結果、画素電極31のエッジ領域だけではなく、ドメインの境界領域が存在しているにも拘らず、ザラツキがなく、表示品位の高い液晶表示装置を実現できる。

【0067】なお、図14の液晶表示装置1dでは、突起35aを設けてマルチドメイン配向を実現しているが、例えば、図15に示す液晶表示装置1eのように、法線方向の形状が山型で、面内の形状がジグザグと略直角に曲がるストライプ状の凸部36…を画素電極31に設けると共に、対向基板21bの対向電極にも、同様形状の凸部37を設けて実現することもできる。これらの両凸部36・37の面内方向における間隔は、凸部36の斜面の法線と凸部37の斜面の法線とが一致するように配されている。また、上記各凸部36・37は、突起35・35aなどと同様に、上記画素電極31および対向電極上に光感応性樹脂を塗布し、フォトリソグラフィー工程で加工することで形成できる。

【0068】上記構造では、凸部36のうち、角部C以外の線部L1(L2)では、線部近傍の領域D1・D2(D3・D4)の液晶分子Mが山型の両斜面に沿って配向する。なお、両線部L1・L2は、互いに直交している。この結果、各画素を、配向方向の互いに異なる複数のドメインD1・D2(D3・D4)に分割できる。

【0069】この構成であっても、各角部Cを結ぶように、ドメインの境界領域B13・B24が存在する。また、線部L1・L2に沿うように、ドメインの境界領域B12・B34が存在する。したがって、液晶セルに直線偏光を入射する場合は、面内における上記線部L1・L2の方向を直線偏光に対して45度傾けたとしても、当該境界領域B13・B24・B12・B34における配向方向状態の乱れが、ザラツキとして視認される虞れがある。なお、角部Cを結ぶ境界領域B13・B24は、例えば、TFT基板21aに形成する金属からなる補助容量配線や、カラーフィルタ基板としての対向基板21bに設けられた遮光膜など、遮光される領域に重なるように、角部Cを配置することで、隠すことができるが、線部L1・L2に沿った境界領域B12・B34は、余分な遮光膜を設けない限り、隠すことができない。

【0070】また、マルチドメイン配向の実現方法は、突起によるものに限らず、画素電極31または対向電極にスリットを設けて配向分割してもよい。例えば、図16に示す液晶表示装置1fでは、特開平11-109391号公報に記載の液晶セルと同様、対向基板21bの対向電極上にY字上のスリットを上下方向(面内で、略

方形状の画素電極31のいずれかの辺に平行な方向)に對称に連結してなる配向制御窓38を設けている。

【0071】当該構成では、対向基板21bの表面のうち、配向制御窓38の直下の領域では、液晶分子Mを傾斜させる程の電界がかからず、液晶分子Mが垂直に配向する。一方、対向基板21bの表面のうち、配向制御窓38の周囲の領域では、対向基板21bに近づくに従って、配向制御窓38を避けて広がるような電界が発生する。この結果、液晶分子Mは、長軸が電界に垂直な方向に傾き、液晶分子Mの配向方向の面内成分は、図中、矢印で示すように、配向制御窓38の各辺に略垂直になる。これにより、1画素中に複数のドメインD1～D4を形成できる。なお、同図では、説明の便宜上、図示を省略しているが、実際には、ゲート電極がゲート信号線34に、ソース電極がソース信号線33に、ドレインが画素電極31へ接続されたTFT素子が設けられている。

【0072】ただし、この場合であっても、各ドメインの境界領域(配向制御窓38直下の領域)では、液晶分子Mの配向方向が乱れやすく、ディスクリネーションラインDLが視認される虞れがある。なお、上記公報のように、隣接する画素電極31間の距離をWp、画素電極31および対向電極間の距離をd、配向制御窓38のスリット幅をWsとしたとき、 $Wp > d/2$ 、および/または、 $Ws > d/2$ に設定すれば、ディスクリネーションラインDLの出現箇所を均一化できるが、境界領域が存在することには変わりがないため、配向異常を完全に削減することは難しい。

【0073】いずれの場合であっても、マルチドメイン配向の液晶セルでは、視野角を拡大するため、1画素内に複数のドメインを設けているので、画素内(表示領域内)に境界領域が存在する。したがって、直線偏光を入射すると、境界領域での配向状態の乱れにより、配向制御窓38において、偏光板22a(22b)の吸収軸の方向(クロスニコル)に沿ったディスクリネーションラインDLが発生し、場所毎および画素毎にディスクリネーションラインDLの状態が異なるため、ザラツキが視認される虞れがある。

【0074】これに対して、本実施形態では、マルチドメイン配向の液晶セルに円偏光を入射している。これにより、広視野角確保のためにマルチドメイン配向の液晶セルを用いた結果、画素電極31のエッジ領域だけではなく、ドメインの境界領域が存在しているにも拘らず、配向制御窓38には、ディスクリネーションラインが観察されにくくなる。したがって、ザラツキがなく、表示品位の高い液晶表示装置1を実現できる。

【0075】なお、本実施形態では、液晶セルの一例として、負の誘電率異方性を有し、初期配向として、基板面に対して垂直に配向すると共に、電圧印加時に、画素内の液晶分子Mが複数方位に傾斜する液晶層を用いた場

合を例にして説明したが、正の誘電率異方性を有し、初期配向時には、基板面に対して水平かつ複数方位に配向する液晶層を用いてもよい。

【0076】いずれの場合であっても、ある電圧を印加した状態で、各液晶分子Mの配向方向の面内成分が1画素内で互いに異なるように、配向方向が制御された液晶層を用いた液晶表示装置であれば、本実施形態と略同様の効果が得られる。

【0077】さらに、画素内の液晶分子Mの配向方向が单一方向となるように、液晶分子Mの配向方向が制御された液晶層であっても、画素のエッジ部分では、例えば、ソース信号線やゲート信号線などのバス配線からの斜め電界によって、配向方向が乱れる虞れがある。したがって、ある電圧を印加した状態で、各液晶分子Mの配向方向の面内成分が1画素内で互いに異なる液晶層を用いた液晶表示装置であれば、ある程度の効果が得られる。

【0078】ただし、マルチドメイン配向や放射状傾斜配向のように、ある電圧を印加した状態で、各液晶分子Mの配向方向の面内成分が1画素内で互いに異なるように、配向方向が制御された液晶層であれば、单一方向となるように配向方向が制御された液晶層に比べて、配向状態が乱れやすく、表示品位が低下しやすい。したがって、当該液晶層に円偏光を入射する方が表示品位をさらに大きく向上できる。

【0079】また、垂直配向方式の液晶セルは、TN (Twisted Nematic) 方式の液晶セルに比べて、表示のコントラストが高く、白黒レベル応答速度が速い。さらに、放射状傾斜配向またはマルチドメイン配向を組み合わせることによって、視角の面内方位依存性を抑制できる。したがって、垂直配向方式で、マルチドメイン配向または放射状傾斜配向の液晶セルへ円偏光を入射することで、コントラスト、応答速度、視野角、視角の面内方位依存性および表示品位の全てを満たした液晶表示装置を実現できる。特に、放射状傾斜配向は、マルチドメイン配向と比べて、直線偏光と組み合わせた場合にザラツキが視認されやすいが、面内方位依存性が少ない。したがって、本実施形態のように、円偏光を入射して、ザラツキを抑えることによって、表示品位を低下させることなく、面内方位依存性が少ない液晶表示装置を実現できる。

【0080】【第2の実施形態】ところで、上記第1の実施形態では、液晶セル21に円偏光を入射するための円偏光手段として、バックライト3と液晶セル21との間に偏光板22aおよび1/4板23aを設けた場合について説明した。ところが、偏光板22aは、透過軸Pa以外の振動成分を吸収するため、偏光板22aの出射光量は、入射光量の約40%~60%に制限されてしまう。

【0081】これに対して、本実施形態に係る液晶表示

装置1gでは、図17に示すように、上記両部材22a・23aに代わる円偏光手段として、選択反射層25が設けられている。当該選択反射層25は、入射光のうち、ある一方に旋回する円偏光は通過させると共に、逆方向に旋回する円偏光は反射することを特徴としており、例えば、コレステリック液晶膜などで形成できる。当該コレステリック液晶膜は、ラセン構造をとつており、例えば、左巻きラセン構造のコレステリック液晶膜の場合、入射された光は、ラセン構造を通る過程で、左円偏光と右円偏光とに分離されると共に、左円偏光は反射され、右円偏光は透過する。これとは逆に、右巻きラセン構造のコレステリック液晶では、右円偏光が反射され、左円偏光が透過する。これによって、必要な旋回方向の円偏光を取り出すことができる。また、厚み方向でラセンピッチの異なる膜とすることで、広帯域で選択反射することができる。当該コレステリック液晶膜は、例えば、二官能コレステリックモノマーと単官能ネマティックモノマーとに紫外線を照射し、光架橋の速度差を利用して製造できる。なお、選択反射層25は、広帯域の波長で選択反射性を有することが望まれるが、それが難しい場合は、バックライト3からの光を選択反射できるように、バックライト3の発光スペクトルに合わせて、選択反射可能な波長を設定すればよい。例えば、バックライト3に3波長管が用いられている場合には、選択反射層25は、その3波長において選択反射性を有していればよい。

【0082】上記構成の液晶表示装置1gでは、バックライト3から出射した光は、選択反射層25を透過することで、所望の旋回方向の円偏光となり、液晶セル21へ入射される。一方、逆方向に旋回する円偏光は、選択反射層25で反射され、バックライト3に戻される。ここで、バックライト3に戻された円偏光の一部は、バックライト3内部で偏光状態が崩されて、再度、バックライト3から選択反射層25へ出射される。したがって、本実施形態に係る液晶表示装置1gでは、図1の液晶表示装置1の偏光板22aで吸収されていたバックライト3からの光の一部を再利用できる。この結果、バックライト3の光利用効率を向上でき、より明るい液晶表示装置を実現できる。

【0083】

【発明の効果】本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、液晶分子の配向方向が画素中で互いに異なるように制御される液晶層と、上記液晶層の出射側に配された検光子と、上記液晶層への入射光を略円偏光状態に設定する円偏光手段と、上記液晶層と検光子との間に設けられ、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第1位相差層とを備えている構成である。

【0084】本発明に係る他の液晶表示装置は、以上のように、上記液晶層に代えて、液晶分子の配向方向が連

統的に変化する放射状傾斜配向を呈する液晶層が設けられている構成である。

【0085】本発明に係るさらに他の液晶表示装置は、以上のように、上記液晶層に代えて、マルチドメイン配向の液晶層が設けられている構成である。

【0086】上記各構成の液晶表示装置では、略円偏光が液晶層に入射されるので、液晶層の配向方向についての異方性がなくなり、液晶分子の配向方向と透過光とが、面内成分と基板法線方向との双方で一致していない限り、液晶分子は、透過光に位相差を与えることができる。したがって、広視野角確保のために液晶分子の配向方向を画素中で互いに異なるように制御した結果、配向状態の乱れが発生しやすいにも拘らず、配向が乱れた液晶分子の配向方向が視角と一致していない限り、明るさ向上に寄与できる。この結果、広い視野角を保ちながら、高い光利用効率を確保でき、コントラスト比の向上と階調数の増加とを実現できるという効果を奏する。

【0087】本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記円偏光手段は、550nmの波長の光を略円偏光状態に設定すると共に、上記第1位相差層は、面内方向のリターデーションが、550nmの略4分の1に設定されている構成である。

【0088】当該構成では、人間の視感度が最も高い550nmの波長について、略円偏光が入射され、当該波長の光について、明るさ低下とザラツキの発生とを防止できる。この結果、他の波長のみで、略円偏光を入射する場合に比べて、明るさ低下やザラツキが視認しにくい液晶表示装置を実現できるという効果を奏する。

【0089】本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記第1位相差層の面内方向のリターデーションは、95nm以上、175nm以下に設定されている構成である。

【0090】上記構成では、波長が550nmの光に対して、リターデーションが95nm以上、175nm以下に設定されているので、明るさが低下したとしても、全般的な明るさの低下および配向乱れの領域における明るさの低下は、10%程度に抑えられる。この結果、他の範囲に設定する場合に比べて、明るさ低下およびザラツキが視認しにくい液晶表示装置を実現できるという効果を奏する。

【0091】本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記円偏光手段は、上記液晶層の入射側に設けられ、予め定める旋回方向の円偏光を透過させると共に、逆方向に旋回する円偏光を反射する選択反射層である構成である。

【0092】当該構成では、予め定める方向とは逆方向に旋回する円偏光は、選択反射層にて反射されるので、偏光子で吸収される場合とは異なり、再利用できる。この結果、液晶層へ略円偏光を入射できるにも拘らず、光の利用効率を向上できるという効果を奏する。

【0093】本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、選択反射層の代わりに、上記液晶層の入射側に設けられた偏光子と、当該偏光子および液晶層の間に配され、面内方向のリターデーションが、透過光の波長の略4分の1波長に設定された第2位相差層とを備えている構成である。

【0094】当該構成でも、偏光子を出射する直線偏光が、第2位相差層で略円偏光に変換されるので、液晶層へ略円偏光を入射できる。この結果、広い視野角を保ちながら、高い光利用効率を確保でき、コントラスト比の向上と階調数の増加とを実現できるという効果を奏する。

【0095】本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成において、上記検光子は、上記液晶層の一方に配され、上記偏光子は、他方に配されていると共に、上記検光子の透過軸と第1位相差層の遅相軸とが45度の角度をなし、しかも、上記偏光子の透過軸と第2位相差層の遅相軸とが45度の角度をなす構成である。

【0096】当該構成では、上記検光子の透過軸と第1位相差層の遅相軸とが45度の角度をなし、しかも、上記偏光子の透過軸と第2位相差層の遅相軸とが45度の角度をなしているので、効率よく、直線偏光と円偏光とを相互変換できるという効果を奏する。

【0097】本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成において、上記検光子は、上記液晶層の一方に配され、上記偏光子は、他方に配されていると共に、上記第1および第2位相差層は、それぞれの遅相軸が互いに直交するように配され、上記検光子および偏光子は、それぞれの透過軸が互いに直交するように配される構成である。

【0098】当該構成では、第1および第2位相差層の遅相軸が互いに直交するように配されている。したがって、両位相差層が有する屈折率異方性の波長分散は、互いに相殺される。この結果、黒表示状態において、より広い波長範囲の透過光が検光子によって吸収される。これにより、さらに良好な黒表示を実現できるという効果を奏する。

【0099】本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記各構成に加えて、上記検光子から偏光子までの間に設けられ、上記液晶層が付与する位相差のうち、上記第1基板の法線方向から視角までの傾斜角度に応じて変動する位相差を打ち消すように、屈折率異方性が設定された視角補償層を備えている構成である。

【0100】当該構成では、視角の傾斜角度によって、液晶層が付与する位相差が、視角補償層で相殺される。したがって、視角の依存性を抑制でき、より広い視角範囲で良好なコントラスト比を有する液晶表示装置を実現できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示すものであり、電圧無

印加時における液晶表示装置の要部構成を示す模式図である。

【図2】電圧印加時における上記液晶表示装置の要部構成を示す模式図である。

【図3】上記液晶表示装置の液晶セルの構成例を示すものであり、画素電極を示す斜視図である。

【図4】上記液晶セルの画素電極近傍を示す α - α 線矢視断面図である。

【図5】上記液晶セルの他の構成例を示すものであり、画素電極を示す平面図である。

【図6】上記液晶表示装置を示すものであり、電圧無印加時の液晶分子の配向状態と、 $\lambda/4$ 板の遅相軸と、偏光板の透過軸との関係を示す説明図である。

【図7】上記液晶表示装置を示すものであり、電圧印加時の液晶分子の配向状態と、 $\lambda/4$ 板の遅相軸と、偏光板の透過軸との関係を示す説明図である。

【図8】上記液晶表示装置の表示例を示す説明図である。

【図9】上記液晶表示装置の透過強度と、従来の液晶表示装置の透過強度とを示すグラフである。

【図10】 $\lambda/4$ 板のリターデーションと透過率との関係を示すグラフである。

【図11】上記液晶表示装置の変形例を示すものであり、 $\lambda/4$ 板の遅相軸と、偏光板の透過軸との関係を示す説明図である。

【図12】上記液晶表示装置の変形例を示すものであり、液晶表示装置の要部構成を示す模式図である。

【図13】上記液晶セルのさらに他の構成例を示すものであり、画素電極を示す斜視図である。

【図14】上記液晶セルのまた別の構成例を示すものであり、画素電極を示す斜視図である。

【図15】上記液晶セルの他の構成例を示すものであり、画素電極近傍を示す平面図である。

【図16】上記液晶セルのさらに他の構成例を示すものであり、画素電極近傍を示す平面図である。

【図17】本発明の他の実施形態を示すものであり、液晶表示装置の要部構成を示す模式図である。

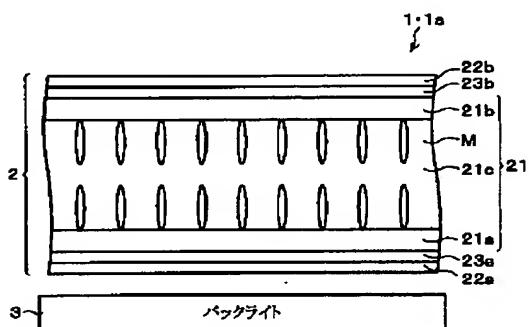
【図18】従来例を示すものであり、液晶表示装置の要部構成を示す模式図である。

【図19】上記液晶表示装置の表示例を示す説明図である。

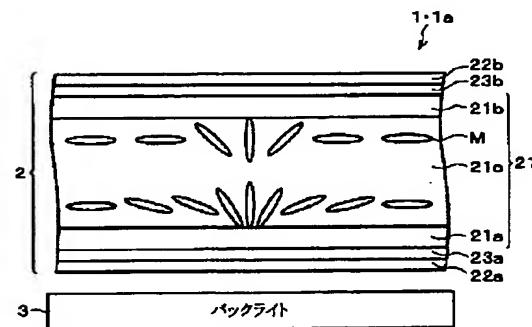
【符号の説明】

1・1 a ~ 1 g	液晶表示装置
2 1 a	TFT基板(第1基板)
2 1 b	対向基板(第2基板)
3 1	画素電極
2 1 c	液晶層
2 2 a	偏光板(偏光子；円偏光手段)
2 2 b	偏光板(検光子)
2 3 a	$\lambda/4$ 板(第2位相差層；凹偏光手段)
2 3 b	$\lambda/4$ 板(第1位相差層)
2 4	視角補償板(視角補償層)
2 5	選択反射層(円偏光手段)

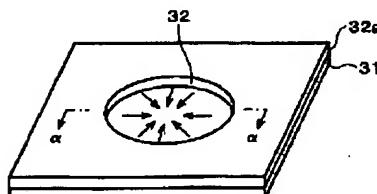
【図1】



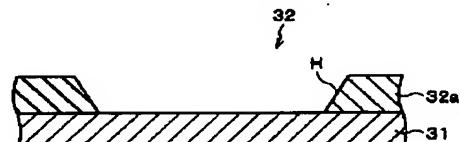
【図2】



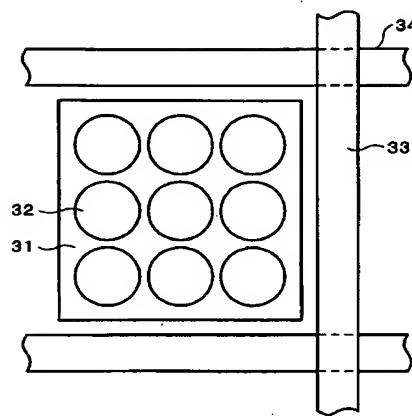
【図3】



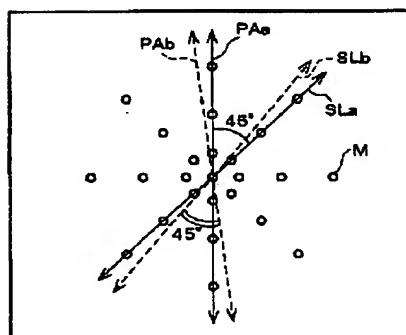
【図4】



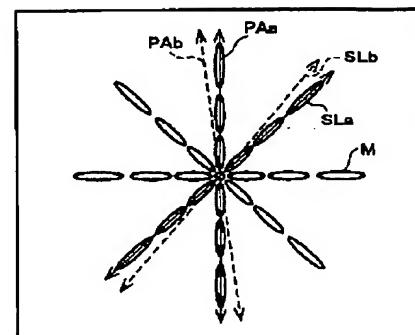
【図5】



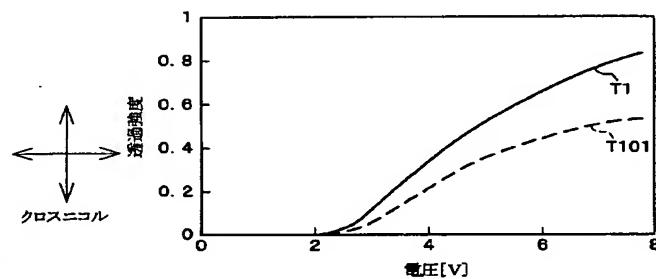
【図6】



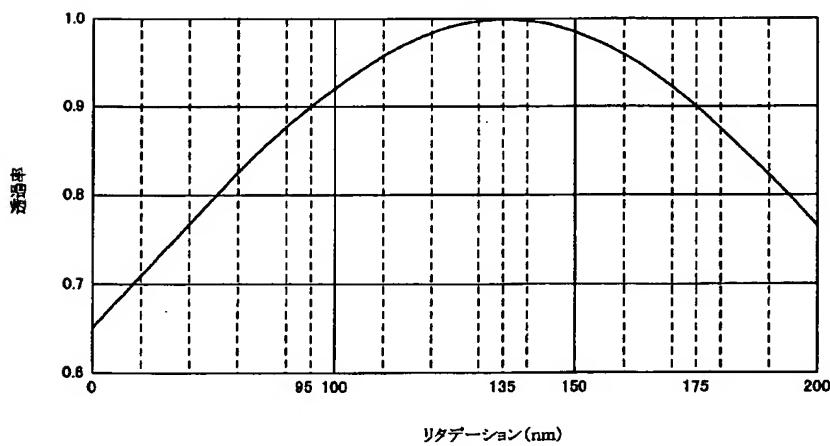
【図7】



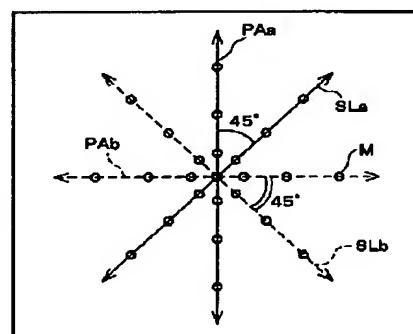
【図8】



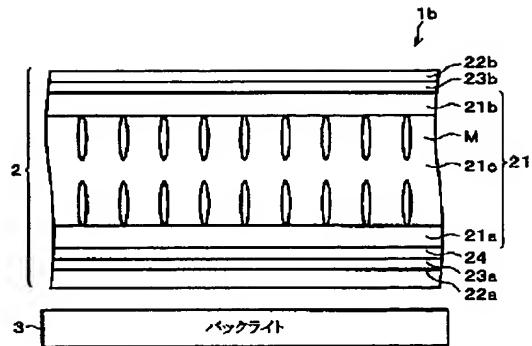
【図10】



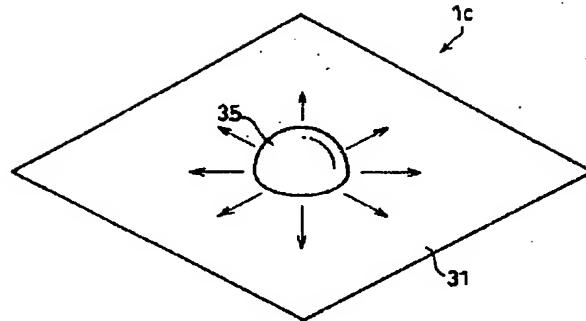
【図11】



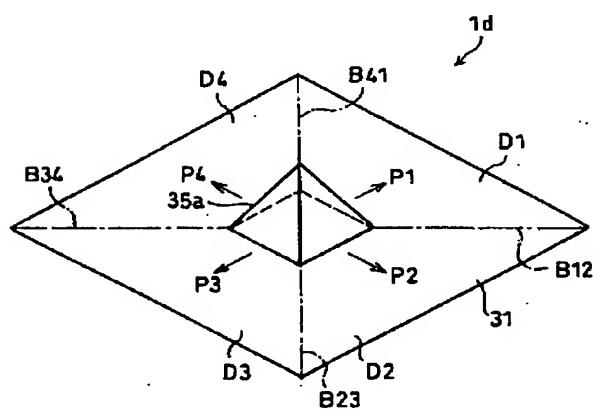
【図12】



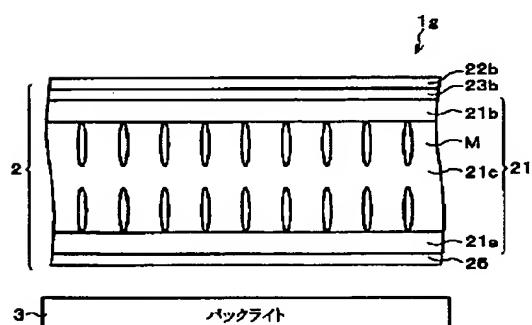
【図13】



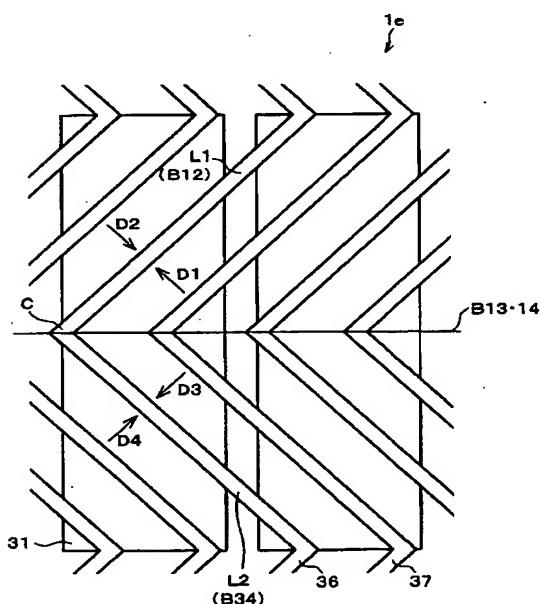
【図14】



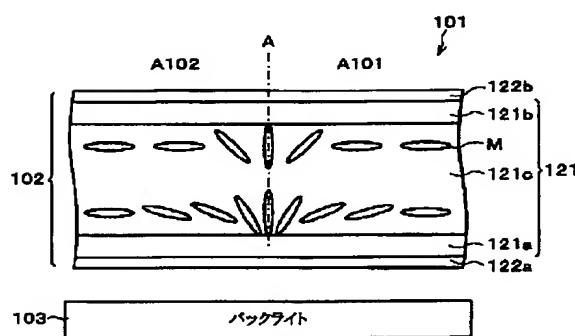
【図17】



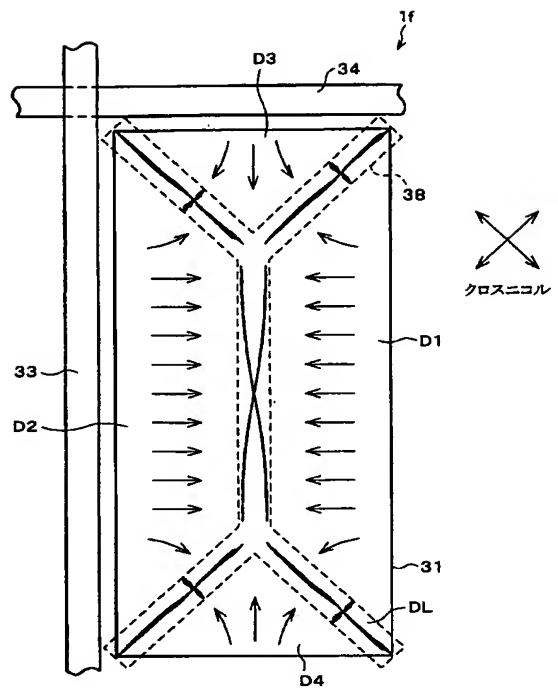
【図15】



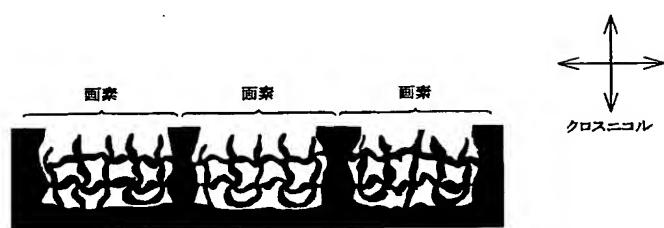
【図18】



【図16】



【図19】



フロントページの続き

ドターム(参考) 2H049 BA02 BA05 BA06 BA07 BA42
BB03 BC22
2H090 HA11 HC05 HC12 KA04 LA06
LA08 LA09 MA01 MA13
2H091 FA08X FA08Z FA11X FA11Z
FA12Z GA06 HA06 KA02
LA16 LA20
5G435 AA02 AA03 BB12 BB15 CC09
EE25 FF05 HH02